

# DE L'INSTITUT TECHNIQUE

## DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

Neuvième année N° 97

REVUE MENSUELLE

JANVIER 1956

### SOMMAIRE

	Pages
<i>Journées d'extensométrie (17, 18 et 19 février 1955)</i>	
H. LE BOITEUX, <i>Le développement des techniques extensométriques</i> . . . . .	5
M. JOURDAIN, <i>Applications de l'extensométrie à bord des navires</i> . . . . .	9
J. BELLIER, <i>Applications de l'extensométrie acoustique aux travaux publics</i> . . . . .	16
J. BOUTEFOY, <i>Les mesures de contraintes dans les parties mécaniques de locomotives</i> . . . . .	27
Série : Essais et mesures (36).	
<i>M. MARY, Extension de l'emploi en cimenterie des laitiers granulés de hauts fourneaux</i> . . . . .	
Série : Liants hydrauliques (13).	37
<i>R. CHAMBAUD, Méthode générale de calcul du béton armé à la rupture en flexion simple ou composée</i> . . . . .	
Série : Théories et méthodes de calcul (23).	49
<i>Journée de couverture-plomberie (12 mars 1955)</i>	
<i>Recherches techniques françaises</i>	
M. FOURGEAUD, <i>Étude des anti-béliers</i> . . . . .	69
M. DAUPHIN, <i>Étude de la corrosion des canalisations de vidange</i> . . . . .	73
<i>Attaque des tuyaux par la flore microbienne de l'eau</i> . . . . .	75
J. C. MARÉCHAL, <i>Essais d'usure sur les robinets et les garnitures</i> . . . . .	78
J. BROCARD, <i>Précautions à prendre pour la mise en œuvre du zinc</i> . . . . .	87
<i>Techniques nouvelles</i>	
G. GUILLAUD, <i>Les matières plastiques dans la plomberie</i> . . . . .	89
<i>Ce qu'ils ont vu en Amérique</i>	
A. DELACOMMUNE, <i>Le marché du bâtiment, la main-d'œuvre, les techniques et les matériaux</i> . . . . .	96
J. CHARLENT, <i>La construction</i> . . . . .	99
M. BRUYÈRE, <i>L'enseignement et la formation professionnelle</i> . . . . .	102
R. AUBRY, <i>L'apprentissage</i> . . . . .	106
Série : Équipement technique (50).	
<i>Documentation technique réunie en octobre 1955</i> . . . . .	
Documentation technique (91).	109

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES  
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS (XVI<sup>e</sup>)

LABORATOIRES DU BATIMENT  
ET DES TRAVAUX PUBLICS  
12, RUE BRANCION, PARIS (XV<sup>e</sup>)

BUREAU SECURITAS  
4, 6, RUE DU COLONEL DRIANT, PARIS (1<sup>er</sup>)

CENTRE D'INFORMATION ET DE  
DOCUMENTATION DU BATIMENT  
100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI<sup>e</sup>)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

(Société à responsabilité limitée au capital de 600 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

6, rue Paul-Valéry, PARIS-XVI<sup>e</sup>

Tél. : PASSy 17-7

# FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT ET DES ACTIVITÉS ANNEXES

## Prix du livre technique "Bâtiment"

### HISTORIQUE

Créé en 1953 par la Fédération Nationale du Bâtiment et des Activités Annexes dans le but de primer un livre technique inédit destiné à diffuser mondialement les études qui contribuent le plus au renom de l'industrie française du Bâtiment et à mettre à la disposition des constructeurs une documentation pratique, ce prix a été décerné en 1955 à M. Conturie pour son ouvrage « L'Acoustique dans le bâtiment ». En outre, une mention a été attribuée à M. Jean-Pierre Lévy pour son travail sur les bétons légers.

Afin de poursuivre l'encouragement ainsi donné aux auteurs, la Fédération Nationale du Bâtiment a décidé la création d'un nouveau prix en laissant aux futurs candidats un délai suffisant pour une étude complète, leur permettant de présenter une œuvre de classe tant par sa valeur technique et pratique que par sa présentation.

### RÈGLEMENT D'ATTRIBUTION

#### Sujet.

Le sujet traité peut être choisi librement dans le domaine des questions intéressant directement le bâtiment, gros-œuvre ou second-œuvre.

L'ouvrage doit présenter un caractère de contribution à l'amélioration des méthodes de construction en portant un accent tout particulier sur les applications.

Rédigé avec un état d'esprit réaliste, il exposera les méthodes utilisées en vue de l'obtention de résultats concrets et se présentera comme le type de l'outil de travail destiné à guider et à faciliter la tâche quotidienne de l'utilisateur.

Il demeure entendu que si pour la justification de certaines conditions pratiques, une partie théorique s'impose, elle devra être exposée, mais en la limitant à sa fonction utile.

Il sera tenu compte de la valeur rédactionnelle : exposé du sujet, choix des illustrations, style.

#### Montant du prix.

La Fédération Nationale du Bâtiment remettra au lauréat un prix en espèces de F : 200 000.

En outre, le lauréat sera assuré par contrat des droits d'auteur d'usage, qui s'élèvent à 10 % du prix de vente de l'ouvrage au public.

La publication de certains manuscrits présentés, en dehors de celui qui aura reçu le prix, pourra être envisagée.

### VIENT DE PARAITRE :

Édité par la Chambre Syndicale des Entreprises d'Installations thermiques

## GUIDE DES INDUSTRIES THERMIQUES

Recueil des lois, décrets, arrêtés, ordonnances, circulaires, normes, Cahiers des charges, etc...

concernant les marchés, la fumivore, les combustibles, les conduits de fumée, la sécurité et l'hygiène, les matériels de chauffage, les locaux recevant du public, les appareils à vapeur et à pression de gaz, les établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Un volume 21 × 27 de 740 pages — Prix : 6 000 F, Franco : 6 200 F.

Adresser les commandes et libeller les chèques, virements ou mandats à la

Société de Propagande et de Diffusion des Techniques du Bâtiment, 33, avenue Kléber, PARIS (XVI<sup>e</sup>)  
(C. C. P. PARIS 7406-47).

### Calendrier.

La demande d'inscription devra être faite avant le 30 avril 1956.  
Le manuscrit devra être déposé ou adressé sous pli recommandé au secrétariat avant le 31 décembre 1957.

Le prix sera attribué avant le 31 mars 1958.

### Conditions pour concourir.

L'auteur devra être français.

La demande d'inscription indiquera le titre de l'ouvrage et précisera que l'auteur s'engage à se conformer au présent règlement d'attribution.

Le manuscrit présenté devra comprendre de 200 à 500 pages et être impérativement tapé à la machine à simple interligne sur papier format 21 × 27.

Les dessins et photos seront présentés à leur place dans le texte.

La présentation du manuscrit devra permettre une lecture facile. Il sera fourni en deux exemplaires.

L'ouvrage ne devra pas avoir fait l'objet d'une publication ni d'un dépôt dans une maison d'édition en vue d'une publication et l'auteur couronné ou retenu s'engage à céder son droit de publication à la maison d'édition désignée par la Fédération Nationale du Bâtiment. Cette cession fera l'objet d'un contrat entre l'auteur et la maison d'édition aux conditions d'usage.

Un même auteur pourra présenter plusieurs ouvrages.

L'ouvrage présenté devra être exclusivement réservé au prix du livre technique Bâtiment jusqu'à ce que soit connue la décision du jury et ne pourra participer à aucune compétition similaire.

L'ouvrage qui aura déjà obtenu un prix ne pourra concourir à nouveau.

Toutes décisions du jury seront absolument sans appel et aucune réclamation quelle qu'elle soit ne sera acceptée.

Le jury pourra reporter le prix s'il estime que les travaux présentés sont insuffisants.

Tous les textes non retenus seront retournés à leurs auteurs sur leur demande.

### SECRÉTARIAT

Le secrétariat sera assuré par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris, XVI<sup>e</sup>.

# ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

JANVIER 1956

Neuvième Année, N° 97

*Série : ESSAIS ET MESURES (36)*

1127N

## JOURNÉES D'EXTENSOMÉTRIE

17, 18 et 19 février 1955

organisées par  
**le Groupement pour l'Avancement des Méthodes d'Analyse des Contraintes**  
**(G. A. M. A. C.)**  
**et par l'Association Française de Recherches et d'Essais sur les Matériaux**  
**et les Constructions**

sous la Présidence d'Honneur de **M. Albert CAQUOT**  
 Membre de l'Institut.

Inauguration par **M. H. LONGCHAMPS**  
 Secrétaire d'État à la Recherche Scientifique et au Progrès Technique.

### LE DÉVELOPPEMENT DES TECHNIQUES EXTENSOMÉTRIQUES

par **M. H. LE BOITEUX**  
 Professeur à l'École Supérieure de Physique et de Chimie  
 Directeur Scientifique de l'O. N. E. R. A.  
 Président-Fondateur du G. A. M. A. C.

### APPLICATIONS DE L'EXTENSOMÉTRIE A BORD DES NAVIRES

par **M. M. JOURDAIN**  
 Ingénieur en Chef du Génie Maritime (C. R.).

### APPLICATIONS DE L'EXTENSOMÉTRIE ACOUSTIQUE AUX TRAVAUX PUBLICS

par **M. J. BELLIER**  
 Ingénieur des Ponts et Chaussées.

### LES MESURES DE CONTRAINTES DANS LES PARTIES MÉCANIQUES DE LOCOMOTIVES

par **M. J. BOUTEFOY**  
 Ingénieur E. C. P.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE RECHERCHES  
ET D'ESSAIS SUR LES MATÉRIAUX  
ET LES CONSTRUCTIONS

GROUPEMENT POUR L'AVANCEMENT  
DES MÉTHODES D'ANALYSE DES  
CONTRAINTES

## RÉSUMÉS

## SUMMARIES

### Conférence de M. LE BOITEUX

La théorie de l'élasticité ne parvient à une solution mathématique du problème des constructions qu'en introduisant la notion de contrainte qui est malheureusement une grandeur insaisissable physiquement.

Toutefois des méthodes indirectes permettent la mesure de facteurs physiques liés à la contrainte, telle que la déformation. L'extensométrie purement mécanique des débuts a fait place à l'amplification optique et aux extensomètres électriques qui permettent d'opérer sur des bases très courtes et avec des amplifications presque illimitées.

The theory of elasticity gives a mathematical solution to construction problems only when the idea of stress is introduced, which is unfortunately of such a vast order that it is physically unobtainable.

Nevertheless, indirect methods permit the measurement of physical factors connected with stress, such as deformation. Purely mechanical extensometry has given way to optical amplification and electric extensometers, which permit operations on very short basis, with almost unlimited amplifications.

### Conférence de M. JOURDAIN

Après des rappels de mesures sur des navires en France et à l'étranger, on montre le développement de l'extensométrie en France au moyen d'appareils mécaniques, puis d'appareils à fil résistant, grâce au Laboratoire de Résistance des Matériaux et à l'Institut de Recherches de la Construction Navale.

After recalling measurements taken on ships in France and abroad, the author deals with the development of extensometry in France by means of mechanical apparatus, then of strain gages developed by the Laboratoire de Résistance des Matériaux and the Institut de Recherches de la Construction Navale.

### Conférence de M. BELLIER

Exposé du procédé d'extensométrie par cordes vibrantes. Après des généralités, on expose des considérations sur l'utilisation des résultats de mesures et on donne quelques exemples sur des ouvrages en béton armé, en béton précontraint et des barrages poids ou barrages voûte.

Description of the vibrating cord method of extensometry. After general observations, considerations are given on the utilization of measurements taken, and examples are given of experiences on constructions in reinforced concrete and prestressed concrete, and on the construction of gravity or arch dams.

### Conférence de M. BOUTEFOY

Après une description du mode de construction des caisses de locomotives et des bogies, on analyse les efforts que subissent ces éléments et on indique les résultats de leur mesure. On décrit ensuite les dispositions réalisées pour les essais au moyen de maquettes.

After describing the method of construction of locomotive bodies and bogies, an analysis is made of the stresses which these elements undergo and results are given of the measurement of these stresses. A description is given of the methods adopted for carrying out tests on models.

## AVANT-PROPOS

Nous avons au cours de la dernière décade assisté à la renaissance de l'extensométrie et ceci tient à diverses raisons.

Tout d'abord les théories mathématiques de l'élasticité et de la résistance des matériaux ont, du fait de leur perfectionnement, montré leurs limites et leurs insuffisances. La théorie de la plasticité ou mieux de l'élasto-plasticité n'est pas encore exactement fixée dans une forme pratiquement utilisable en général. La détermination de la sécurité, dans beaucoup de problèmes de construction n'est pas pour le moment accessible au calcul précis lorsqu'on ne se contente pas de simplifications hasardeuses. L'expérience est alors nécessaire et la mesure précise des déformations l'accompagne.

Ensuite, la connaissance même des propriétés des matériaux se complète et ouvre de nouveaux horizons. Les problèmes de fluage, de relaxation, de fatigue, se multiplient, en même temps que les formes constructives s'affinent et que l'utilisation naturelle des matériaux se perfectionne. La recherche des propriétés mécaniques demande alors des moyens de jour en jour plus perfectionnés pour la mesure des déformations.

Enfin, les progrès de la physique appliquée, de l'électronique, de l'optique, de la métrologie ont rendu possibles des réalisations (procédés de mesure, de comptage et d'enregistrement) insoupçonnées il y a vingt ans. Aux extensomètres mécaniques sont venus se joindre les appareils pneumatiques, optiques, électriques, magnétiques.

Aux enregistrements directs à la plume sont venus s'ajouter les transmissions à distance par asservissement électrique, les tubes cathodiques, les systèmes à cellule photo-électrique et toutes les combinaisons de filtrage, de comptage, que les montages électroniques permettent de réaliser. Certains problèmes exigent la mesure des déformations sur des bases extrêmement courtes, d'autres demandent une robustesse de l'appareillage à toute épreuve pendant une longue durée, d'autres veulent un enregistrement simultané de nombreux postes de mesure. Tous ces problèmes et tous ces moyens ont concouru, grâce aux chercheurs, à la mise au point d'une multitude d'appareils. « Le Gamac » et « l'Association Française des Laboratoires » ont justement voulu grâce à l'Exposition d'Extensométrie montrer aux hommes de science et aux industriels que ces techniques intéressent les appareils les plus modernes. Ils ont également demandé à quelques éminents spécialistes de présenter, au cours de plusieurs conférences publiques, les techniques et les appareillages.

L'exposition d'extensométrie parut recevoir un succès, mérité d'ailleurs, grâce à la qualité du matériel exposé et à l'intérêt des communications. Cette exposition faisait en quelque sorte le point des problèmes de l'extensométrie et il eut été regrettable qu'elle ne laissât pas une trace durable. C'est pourquoi nos associations, en accord avec les exposants, décidèrent de publier, en même temps que le catalogue et les textes des conférences prononcées, une suite de notices détaillées sur les appareils et dispositifs. J'espère que ceci constituera un document de travail intéressant.

Puisque j'ai eu la charge d'organiser cette exposition, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont apporté dans cette affaire une aide solide et efficace. Il m'est difficile de tous les citer tellement ils furent nombreux à s'intéresser à cette œuvre commune.

Je ne puis passer cependant sous silence M. Dawance, secrétaire du Comité de l'exposition, et M. Laisné, secrétaire de l'Association Française, qui furent les véritables artisans de l'affaire. C'est à eux que revient encore le mérite de la composition de l'album sur les Journées de l'Extensométrie <sup>(1)</sup>.

Je remercie encore les membres de ces deux associations et en particulier ceux de leurs bureaux et conseils.

Je remercie enfin et surtout M. Longchambon, Président du Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique et M. A. Caquot, membre de l'Institut, qui ont bien voulu nous honorer de leurs conseils et de leur présence le jour de l'inauguration.

*Robert L'Hermite.*

<sup>(1)</sup> Cet album peut être demandé aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, Paris.

# LE GROUPEMENT POUR L'AVANCEMENT DES MÉTHODES D'ANALYSE DES CONTRAINTES (G. A. M. A. C.)

10, rue Vauquelin, Paris-5<sup>e</sup>

*Fondée en 1949, l'Association a pour but de contribuer à l'avancement des méthodes d'étude et au développement des connaissances concernant l'analyse des contraintes.*

*Elle est gouvernée par un bureau dont la composition est la suivante :*

Président

M. P. RAPIN, Directeur des Laboratoires du Centre d'Etudes, Recherches, Essais de la Société des Automobiles Peugeot.

Vice-Présidents

MM. PIRARD, Professeur à l'Université de Liège.

JACQUESSON, Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers, Directeur du Laboratoire de Mécanique Expérimentale des solides de Poitiers.

Secrétaire Général

M. MARTIN, Chef de Travaux Pratiques de Mécanique Physique, Ecole Supérieure de Physique et Chimie.

Secrétaire-Adjoint

Mme S. PAUTHIER, Ingénieur E. S. P. C. I.

*Elle a pour Présidents d'honneur : MM. A. CAQUOT et M. ROY, membres de l'Institut et pour Président-Fondateur : M. H. LE BOITEUX, Professeur à l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie, Directeur Scientifique à l'O. N. E. R. A.*

*Ses anciens Présidents sont MM. POMEY, KAMMERER, L'HERMITE.*

*Toute personne peut devenir membre de l'Association moyennant le paiement d'une cotisation de 2 000 F par an. L'Association publie un bulletin dénommé : « Analyse des contraintes ».*

---

## L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS

12, rue Brancion, Paris-15<sup>e</sup>

*L'Association a été créée en 1948 pour grouper les laboratoires et les ingénieurs intéressés à l'essai des matériaux et à la recherche sur les matériaux et les constructions. Elle est la section française de l'Association Internationale dite R. I. L. E. M. dont l'activité est bien connue et s'est manifestée en France récemment par un colloque sur les essais non destructifs du béton.*

*L'Association Française est dirigée par un bureau dont la composition est la suivante :*

Président

M. J. FRONTARD, Inspecteur général des Ponts et Chaussées E. R.

Président-Fondateur

M. R. L'HERMITE, Directeur du Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

Vice-Présidents

MM. H. LAFUMA, Directeur du Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liants Hydrauliques.

J. CAMPREDON, Directeur du Laboratoire du Bois.

H. BOULESTEIX, Ingénieur en Chef à la Direction Générale des Services Techniques de la Préfecture de la Seine.

Secrétaire : F. LAISNÉ. — Trésorier : J. CHEFDEVILLE.

*Tout le monde peut être membre de l'Association moyennant le paiement d'une cotisation de 1 500 F par an. L'Association publie un supplément français au bulletin R. I. L. E. M.*

# LE DÉVELOPPEMENT DES TECHNIQUES EXTENSOMÉTRIQUES

Par **M. Henri LE BOITEUX**,

Professeur à l'École Supérieure de Physique et de Chimie,  
Directeur Scientifique à l'O.N.E.R.A.,  
Président fondateur du G.A.M.A.C.

Le développement considérable pris par les techniques extensométriques dans les quinze dernières années, attesté par l'ampleur et le succès de l'exposition organisée en commun par l'*Association Française de Recherches et d'Essais sur les Matériaux et les Constructions* et par le *Groupement pour l'Avancement des Méthodes d'Analyse des Contraintes*, peut paraître surprenant si l'on s'en tient au sens étymologique très étroit du mot extensométrie.

Il est aisément de comprendre, cependant, pourquoi la mesure des déformations est appelée à jouer un rôle très important dans l'évolution des techniques modernes.

La déformabilité est un caractère fondamental de la matière, quel que soit son état, et les conséquences aussi bien théoriques que pratiques en sont très importantes.

Le solide idéal, infiniment rigide de la mécanique rationnelle, permettrait notamment, de transmettre instantanément à n'importe quelle distance un signal caractérisé par exemple par l'application d'une force.

Ce serait « le cordon de sonnette inextensible » suivant l'expression de Paul LANGEVIN grâce auquel nous serions à même de définir la simultanéité de deux événements en des points différents de l'espace.

Nous aurions ainsi la possibilité de définir un temps absolu. Mais les matériaux les plus rigides dont nous disposons ont une vitesse de propagation limitée et nous devons renoncer à une telle expérience.

D'autre part, et ceci est plus important pour l'ingénieur, la déformabilité de la matière limite étroitement la valeur des efforts que peut supporter un solide de dimensions géométriques données.

Cette limitation n'a pas un caractère simple parce que le comportement de la matière présente des aspects extrêmement variés que l'on commence seulement à connaître avec quelque précision.

Les conséquences pratiques sont considérables et l'on sait quelle place occupe dans la technique la pré-détermination indispensable des dimensions à donner aux pièces et aux constructions pour leur permettre de résister, avec une marge suffisante de sécurité, aux efforts qu'elles auront à subir.

Bien entendu, une telle limitation prend un caractère beaucoup plus critique lorsque d'autres considérations conduisent à la nécessité de réduire l'encombrement ou le poids.

Or, cette nécessité apparaît de plus en plus fréquemment dans les techniques modernes soit en raison de l'accroissement constant des vitesses, soit par la nature même des problèmes posés comme c'est le cas en aéronautique par exemple.

On peut dire, à ce point de vue, que la déformabilité des solides interdit totalement la résolution de problèmes qui deviendraient très simples si nous disposions du corps idéal infiniment rigide.

Aussi l'esprit humain s'est-il attaché depuis très longtemps à l'étude du comportement de la matière soumise aux efforts.

Dans une première étape, remarquablement féconde, et sur les résultats de laquelle nous vivons encore on s'est attaché à limiter le problème pour pouvoir le traiter théoriquement.

C'est ainsi que s'est développée, il y a un peu plus d'un siècle, la théorie mathématique de l'élasticité, grâce aux efforts de CAUCHY, LAME, POISSON, NAVIER.

Les hypothèses mises à la base méritent d'être examinées soigneusement car, bien que peu nombreuses, elles apparaissent rapidement comme très restrictives.

On suppose d'abord la matière continue et homogène, ce qui à l'échelle des phénomènes étudiés est certainement acceptable dans beaucoup de cas.

Mais on suppose aussi que les déformations restent très petites et qu'en conséquence elles peuvent être reliées aux efforts appliqués par une loi linéaire. C'est l'hypothèse traduite généralement par la loi de Hooke.

Ceci est beaucoup plus grave parce qu'il ne peut en être ainsi qu'à condition de limiter strictement les forces en jeu.

En outre, les travaux plus récents ont montré que les résultats de la théorie de l'élasticité ne sont valables que si les déformations restent réversibles.

Or, il n'en est pas toujours ainsi et certains matériaux présentent des phénomènes beaucoup plus complexes.

Cependant pour les solides les plus couramment utilisés jusqu'aux vingt dernières années, les métaux notamment, ces approximations sont très suffisantes et la théorie de l'élasticité a permis de développer de façon remarquable la technique dite de la Résistance des Matériaux.

Mais, même dans ce cas privilégié, les solutions qu'elle apporte ne sont aisées que si la forme du solide et la répartition des efforts sont elles-mêmes très simples, ce qui est fort éloigné d'être le cas général dans la pratique courante.

Aussi, très rapidement, a-t-on songé à compléter le calcul théorique trop complexe, parfois même impossible sauf si l'on accepte des hypothèses simplificatives grossières, par des déterminations expérimentales.

Cependant, la théorie de l'élasticité ne parvient à une solution mathématique du problème qu'en introduisant une notion nouvelle : celle de la contrainte, par l'intermédiaire de laquelle il devient possible d'écrire des lois d'équilibre.

La contrainte est une grandeur commode pour le raisonnement mais malheureusement insaisissable physiquement.

Certaines méthodes indirectes permettent pourtant la mesure de facteurs physiques liés à la contrainte. C'est par exemple le cas pour la biréfringence accidentelle par déformation et cette remarque est à la base de la photoélasticité.

Mais cette dernière, outre que jusqu'à présent son domaine d'application reste celui des déformations élastiques, présente l'inconvénient d'opérer non sur la pièce elle-même mais sur un modèle constitué d'une matière différente et ceci n'est pas sans entraîner certaines critiques.

Le phénomène physique fondamental caractéristique du comportement du solide soumis à des efforts est la déformation. C'est donc par elle qu'il sera à la fois le plus logique et le plus aisément atteindre expérimentalement les faits.

On conçoit dès lors toute l'importance de l'extensométrie. La difficulté provient naturellement des ordres de grandeurs en jeu. Dans les conditions normales d'utilisation des matériaux, les déformations sont très faibles et l'appareil utilisé devra présenter une très grande sensibilité.

A ce sujet il convient de remarquer que trop souvent la difficulté a été tournée d'une façon très critiquable.

En effet si la « déformation » au sens même de la théorie de l'élasticité, c'est-à-dire le gradient du déplacement, est très petite, l'accumulation des effets peut conduire à des déplacements localement beaucoup plus grands.

Un grand nombre des appareils proposés mesurent en réalité un déplacement et non directement une déformation, ce qui permet une exigence moins grande sur la sensibilité.

Mais en contre partie il est évident qu'en opérant ainsi on ne peut espérer atteindre que des valeurs moyennes de la déformation. Autrement dit on procède à une analyse macroscopique des phénomènes.

Si celle-ci est suffisante dans un grand nombre d'applications techniques il est bien évident que l'on ne saurait par de tels moyens prétendre atteindre aux lois physiques fines qui régissent les phénomènes.

Ceci a conduit à de très nombreux travaux en vue de la réduction toujours plus poussée de la « base de mesure » et ce point est fondamental.

Bien entendu cette réduction n'est possible que par un accroissement continual de la sensibilité.

La grandeur à mesurer étant bien limitée cet accroissement résulte en fait de la recherche d'une amplification toujours plus grande mais conservant une fidélité absolue.

Ce caractère jalonne de façon précise l'évolution au cours du temps des techniques extensométriques, évolution qu'il était aisément retrouver dans les divers stands de l'exposition.

C'est ainsi que les extensomètres purement mécaniques des temps héroïques ne figurent plus guère qu'à titre historique ayant rapidement cédé la place aux appareils utilisant l'amplification optique. Celle-ci peut sans trop de difficulté atteindre quelques milliers.

Les lois d'écoulement des fluides ont permis à leur tour de réaliser des appareils très sensibles. C'est le « solex » mis à profit par M. l'Ingénieur général DE LEIRIS pour réaliser un extensomètre dont la base de mesure ne dépasse pas quelques millimètres.

Les propriétés des cordes vibrantes ont aussi été exploitées dans de belles réalisations.

L'esprit des chercheurs devait fatallement être séduit par les possibilités quasi illimitées d'amplification présentées par le domaine de l'électronique et ceci a conduit aux appareils transformant le déplacement à mesurer en une grandeur électrique.

Dans cet ordre d'idée les extensomètres à variation de capacité, de self induction ou de mutuelle induction ont permis d'atteindre des performances intéressantes.

Une autre considération, de très grande importance, intervient encore en faveur de tels procédés.

Les pièces mécaniques, dans leur quasi totalité, sont soumises à des efforts qui subissent, au cours du temps, des variations rapides. On sait, depuis longtemps, que, dans ces conditions, le comportement de la matière devient très différent de ce que la théorie permet de prévoir pour des efforts constants ou très lentement variables.

Bien que des tentatives plus ou moins fructueuses aient été faites pour établir la théorie de ces phénomènes de « fatigue » il faut bien avouer que nous n'en sommes encore qu'aux premiers balbutiements, ce qui rend plus nécessaire encore le recours à l'expérience.

Or les extensomètres mécaniques ou même mécano-optiques se révèlent incapables de suivre l'évolution rapide des déformations.

Les phénomènes électroniques, au contraire, dénués pratiquement d'inertie, sont susceptibles de suivre des fréquences élevées, bien supérieures même à celles qui interviennent dans la technique courante.

Ces deux caractères fondamentaux : amplification presque illimitée et absence d'inertie ont en fait conduit à une suprématie presque incontestée des extensomètres électriques.

Une forme particulière de ceux-ci, développée depuis une quinzaine d'années, semble actuellement distancer les appareils concurrents. Il s'agit de la jauge à fil résistant véritable traducteur de la déformation en variation de résistance électrique.

Les caractères particuliers qui ont conduit à la formidable réussite de ce type d'extensomètres me paraissent être avant tout la simplicité d'emploi et la sensibilité énorme.

Les visiteurs de l'exposition auront certainement été frappés par la place occupée par la jauge à fil dans les techniques extensométriques.

Il convient toutefois de remarquer que si la jauge est probablement le seul appareil dont on a pu dire sans exagération qu'il permet la mesure de déformations de l'ordre de  $10^{-7}$  ceci ne peut être obtenu qu'au prix de très grandes précautions et d'une minutie extraordinaire dans le mode opératoire.

Ce fait d'ailleurs ne surprendra aucun de ceux qui savent ce que représente obligatoirement une mesure de haute précision.

Mais dans le domaine, déjà peu courant, d'une mesure de quantités de l'ordre de  $10^{-4}$  on peut affirmer que l'utilisation de la jauge à fil est particulièrement simple.

D'autre part il faut aussi souligner que, malgré cette sensibilité peu commune, la base de mesure n'a pu, pour des raisons purement technologiques, être réduite en dessous des valeurs atteintes par d'autres procédés, ce qui serait cependant très désirable.

La conclusion relève du simple bon sens. La jauge à fil est un remarquable instrument, adapté à une quantité de problèmes mais il ne faut pas en faire une panacée universelle.

Il reste une place importante aux autres procédés d'extensométrie et je crois que la visite de l'exposition aura bien mis ce fait en évidence.

En outre, il convient de ne pas perdre de vue que si la mesure des déformations a sur d'autres méthodes — la photoélasticité notamment — l'avantage incontestable d'opérer directement sur la pièce réelle, par contre, et par principe même, elle n'est applicable que sur le contour extérieur des objets.

Techniquement cette restriction est sans gravité car c'est précisément sur le contour que les contraintes sont les plus élevées.

Mais il n'en reste pas moins que la compréhension des phénomènes physiques nécessite la connaissance des bouleversements introduits au sein même de la matière et l'extensométrie ne peut les atteindre directement.

Cependant jusqu'à présent, seule la mesure des déformations a permis de pénétrer dans le domaine des phénomènes irréversibles dont le rôle pratique est de plus en plus important.

Si la photoplasticité, en cours de développement, apparaît comme une voie d'accès possible, ses conclusions sont encore très fragiles et très embryonnaires et seule la mesure des déformations a permis de classer les phénomènes très variés et très complexes qui apparaissent au-delà de la zone élastique, seul domaine dans lequel la théorie reste un guide sûr.

C'est là un service immense rendu par l'extensométrie au développement de la rhéologie.

Une autre considération justifie l'importance croissante de ces techniques.

Il est remarquable que presque toutes les grandeurs physiques dont la mesure précise est indispensable au technicien peuvent de façon très simple être transformées en un déplacement ou une déformation.

L'extensomètre devient par là même un instrument quasi universel et il apportera dans tous les domaines ses avantages particuliers : sensibilité et rapidité.

Une mesure physique quelconque se conçoit alors sous l'aspect d'un « traducteur » ou détecteur (on dit aussi pick up) capable de transformer la grandeur à mesurer en un déplacement, suivi d'une mesure extensométrique.

Les exemples sont extrêmement variés. Les grandeurs mécaniques : force — accélération — vibration — pression sont les cas les plus évidents, mais on conçoit que la quantité de chaleur, la température, les grandeurs électriques, les débits de fluide, etc..., peuvent être traités de la même façon.

Ceci étend de façon illimitée le domaine d'application de l'extensométrie et l'exposition était à ce point de vue une remarquable démonstration, les techniques les plus diverses s'y trouvant représentées.

Nous voici évidemment fort loin du sens étymologique initial.

Du point de vue philosophique il semble qu'en définitive la seule grandeur directement accessible et mesurable soit la longueur. Tous les instruments créés par l'homme pour étendre son champ de connaissance ramènent en définitive les grandeurs à mesurer à un déplacement (linéaire ou angulaire ce qui revient au même).

C'est précisément parce que, pour l'étude des déformations, les techniciens ont été conduits à mesurer avec précision des variations de longueur extrêmement faibles et pouvant varier rapidement dans le temps que leurs méthodes sont en voie de s'étendre à toutes les mesures physiques.

Lord KELVIN disait que l'on ne connaît vraiment une chose que lorsque l'on sait la mesurer.

Dans ce sens l'extensométrie a apporté une contribution considérable à l'accroissement des connaissances humaines et il est tout à fait remarquable que c'est précisément ce savant qui le premier a attiré l'attention sur les variations de résistance d'un conducteur soumis à des déformations, base lointaine mais certaine de nos jauge à fil résistant.

Certains visiteurs de l'exposition se seront peut-être étonnés de ne pas voir figurer d'autres méthodes expérimentales d'analyse des contraintes.

Il a semblé aux sociétés organisatrices que le sujet eût été trop vaste et par suite l'attention trop dispersée.

Ceci les a conduites à ne conserver de ces méthodes que leur aspect strictement extensométrique. C'est le cas, par exemple, pour la photoélasticité dont seule l'application récente à la mesure des déformations superficielles se trouvait représentée.

Il a paru préférable d'envisager d'autres démonstrations ultérieurement, chacune ayant un sujet bien délimité.

Réduite volontairement au cadre qui était le sien nous pensons que cette exposition aura attiré l'attention sur le développement formidable des techniques les plus diverses d'extensométrie.

Il n'en reste pas moins que si les progrès accomplis dans les vingt dernières années sont particulièrement spectaculaires, beaucoup de problèmes restent à résoudre et qu'un champ d'activité immense est ouvert aux chercheurs aussi bien dans le domaine théorique que dans celui des applications.

Pénétrer de plus en plus profondément le comportement intime de la matière soumise aux sollicitations extérieures, comprendre mieux les aspects variés de ce comportement en fonction de la structure et de la grandeur des efforts est une tâche de première nécessité non seulement pour la satisfaction de l'esprit mais pour nous permettre d'utiliser toujours mieux l'infinie variété des solides que la technique moderne met à notre disposition et auxquels nous demandons chaque jour davantage.

# APPLICATIONS DE L'EXTENSOMÉTRIE A BORD DES NAVIRES

Par **M. Marcel JOURDAIN**,  
Ingénieur en Chef du Génie Maritime (C. R.).

## I. INTRODUCTION

La construction navale, comme toutes les autres techniques tributaires de la résistance des matériaux, utilise largement l'extensométrie à l'occasion d'essais de pièces isolées, d'ensembles plus ou moins complexes en vraie grandeur ou à échelle réduite, effectués en laboratoire ou en atelier. Le fait qu'il s'agisse de structures destinées à des navires ne confère pas à ces essais un caractère particulier et ceux-ci mettent en œuvre un matériel et une technique que possèdent en commun toutes les applications de l'extensométrie. C'est pourquoi je ne les mentionne ici que pour mémoire.

A l'inverse, les essais exécutés sur des navires en vraie grandeur, placés dans leur élément, présentent des particularités qui exigent l'emploi d'appareils et de procédés spécifiques. Ces particularités tiennent à la fois à la nature de la structure du navire, à celle des efforts qu'elle supporte et aux conditions de l'expérience.

## II. LE NAVIRE DU POINT DE VUE DE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

### 1<sup>o</sup> La structure du navire.

Pour les navires les plus simples, la section transversale dans la région milieu est celle d'un tube relativement très mince, de section approximativement rectangulaire et symétrique par rapport à un plan vertical; vers les deux extrémités, cette section s'affine en se déformant, en même temps que l'épaisseur du tube varie par échelons. Dans le sens de sa longueur, ce tube est subdivisé par des cloisons transversales et, entre ces cloisons, sa paroi ou bordé est raidie par des anneaux qui constituent les membrures transversales. Ce raidissement est complété par des poutres rectilignes, continues ou non qui, avec les cloisons et les membrures précédentes, délimitent les mailles de bordé. La paroi supérieure, ou pont, est découpée par des ouvertures de grande dimension à contour renforcé, ou panneaux, tandis que des ouvertures plus petites, également renforcées, sont inégalement réparties sur l'ensemble des parois.

Mais, pour la plupart des navires, cette structure, déjà assez complexe, comporte des éléments supplémentaires : carlingages assez étendus pour jouer un rôle dans la résistance d'ensemble, ponts et superstructures s'étendant sur tout ou partie de la longueur, cloisons longitudinales continues ou non, épontillage vertical et parfois même liaisons obliques entre divers éléments résistants.

Sans doute, l'aspect général demeure celui d'une poutre d'élancement modéré, mais constituée d'éléments minces réunis par des liaisons élastiques; la difficulté commence lorsqu'il faut chiffrer l'inertie de cette poutre dans ses diverses sections, car certains éléments qui apportent manifestement une contribution à la résistance d'ensemble ne peuvent cependant être considérés comme participant à celle-ci suivant les règles simples de la théorie des poutres.

Je reviendrai sur ce point, qui a pu être précisé dans certains cas, grâce à des mesures extensométriques.

### 2<sup>o</sup> Les efforts que supporte le navire.

Les efforts extérieurs appliqués au navire sont constitués essentiellement par son poids propre et celui du chargement qu'il porte; les autres, tels que ceux dus au vent, sont pratiquement négligeables en tant qu'efforts d'ensemble, leur effet étant d'ailleurs réduit par la possibilité illimitée de mouvement du navire par rapport à ses appuis. Ces efforts extérieurs ont donc pratiquement la même symétrie que la poutre-navire et sont bien connus.

Ils doivent être équilibrés par les réactions de l'appui. Celui-ci, constitué par la mer sur laquelle flotte librement le navire, a le caractère d'un appui élastique continu. En eau calme, ses réactions, égales à la poussée d'Archimède, sont parfaitement définies et il n'y a, par conséquent, aucune difficulté à tracer

les courbes de charge, d'effort tranchant et de moment fléchissant le long du navire qui, si l'inertie est supposée connue, définissent parfaitement la flexion longitudinale du navire.

Mais, si la mer est agitée, la répartition des réactions de l'appui est perturbée, non seulement parce que le niveau de l'eau le long de la carène cesse d'être horizontal, mais encore parce que l'agitation de la mer entraîne des pressions dynamiques qui se superposent à la pression statique et que les mouvements du navire (tangage, roulis, pilonnemment) donnent naissance à des forces d'inertie qui interviennent dans l'équilibre global.

Les états d'agitation de la mer sont trop variés et irréguliers pour qu'il soit possible de les ramener à un schéma permettant des calculs abordables. On se borne donc à étudier certaines situations du navire sur une houle régulière de caractéristiques particulièrement défavorables eu égard à la longueur du navire et à calculer les contraintes en supposant le navire en équilibre statique dans ces situations.

Il va sans dire qu'un tel schéma ne représente que d'assez loin la réalité, si bien que ce calcul n'a qu'une valeur de comparaison.

En fait, le navire sur mer agitée est soumis à des forces constamment variables, ayant parfois le caractère de chocs; certains de ses éléments subissent alors des efforts alternés qui obligent à considérer leur résistance à la fatigue; en outre, la symétrie des efforts n'est pas réalisée en toute section et il peut apparaître des déformations secondaires par flexion horizontale et torsion, les contraintes correspondantes se superposant à celles dues à la flexion verticale.

Ces efforts peuvent également exciter la vibration de la coque, plus communément provoquée par l'appareil propulsif à certaines allures (moments et forces libres des moteurs alternatifs, passage successif des pales d'hélice près de la coque).

Enfin, cette revue des efforts que supporte le navire serait incomplète si je ne mentionnais pas les efforts locaux dus en particulier à la pression hydrostatique de la mer et, éventuellement, d'un chargement liquide, qui interviennent pour une large part dans le dimensionnement des bordés étanches de la carène et des cloisons ainsi que de leurs raidisseurs.

### **3<sup>e</sup> Les conditions de l'expérience à bord.**

Tant que le navire est sur cale ou au port, les conditions de l'expérience ne diffèrent pas sensiblement de celles que l'on rencontre à terre.

Mais, à la mer, les appareils et leurs liaisons sont soumis, d'une part, à l'humidité saline pouvant aller jusqu'à l'immersion et, d'autre part, à des efforts mécaniques considérables; la conjugaison de ces conditions exige une protection étanche absolue et une fixation extrêmement solide. Pour les éléments sensibles ou indicateurs, même lorsqu'ils peuvent être installés en des emplacements protégés de l'action directe des paquets de mer, il faut tenir compte des effets d'inertie dus aux mouvements du navire et les concevoir de façon telle qu'ils soient insensibles à ces efforts.

Si les appareils sont alimentés électriquement, les défauts d'isolement sont particulièrement difficiles à éviter. Dans certains cas (pétroliers chargés), les câbles volants sont interdits par la sécurité et il faut recourir à des appareils mécaniques entièrement autonomes.

## **III. LE ROLE DE L'EXTENSOMÉTRIE DANS L'ARCHITECTURE NAVALE**

Il résulte de ce qui précède que le calcul de la résistance d'un navire n'est possible que grâce à de nombreuses hypothèses simplificatrices. Il importe donc d'examiner si ces hypothèses permettent d'évaluer les contraintes avec une approximation raisonnable et cela exige de mesurer les contraintes réelles pour les comparer à celles qui résultent du calcul : c'est le domaine de l'extensométrie.

Son emploi peut revêtir deux aspects principaux :

Déterminer expérimentalement dans une section donnée la répartition des contraintes sous un chargement simple et connu en vue de contrôler la validité du schéma de la poutre ou de tout autre schéma accessible au calcul;

Déterminer expérimentalement aux points supposés les plus chargés la valeur absolue des contraintes dans diverses situations que peut rencontrer le navire en vue de contrôler si les formules relatives à l'influence de l'agitation de la mer en fournissent un ordre de grandeur correct.

Dans le premier cas, le procédé le plus direct consiste à imposer au navire à flot dans un port une flexion déterminée en faisant varier son chargement de façon connue; on peut ainsi calculer avec certitude la variation de moment fléchissant en toute section du navire, déterminer celle qui est la plus chargée et, non seulement y étudier la répartition des contraintes, mais encore vérifier si leur valeur correspond ou non à l'inertie admise pour cette section. Pour des raisons diverses, les possibilités d'opérer ainsi sont assez rares. Au surplus, l'expérience est plus difficile à interpréter qu'on pourrait le supposer; en effet, même pour des contraintes modérées, les variations de chargement correspondantes exigent un temps qui se chiffre en heures et il est difficile d'estimer avec certitude la valeur des dilatations d'origine thermique qui se superposent à celles dues à la variation du chargement et peuvent être du même ordre sur une telle durée.

C'est pourquoi l'expérimentation proprement dite est plus fréquente dans l'étude de la résistance aux efforts locaux (essais de cloisons, par exemple) que dans celle des efforts d'ensemble.

La plupart des mesures relatives à la flexion générale du navire ont donc plutôt le caractère d'observations que d'expérimentation. C'est ainsi que les mesures les plus nombreuses concernant la répartition des contraintes dans la section ont été faites à l'occasion du lancement des navires, opération pendant laquelle la coque subit une variation sensible de moment fléchissant en une durée très réduite.

Quant à la mesure des contraintes dans les conditions réelles du service, elle ne peut évidemment être faite qu'à la mer en profitant des circonstances de temps rencontrées.

L'extensométrie trouve encore son application à bord des navires dans des mesures qui n'intéressent pas la charpente proprement dite et dont je citerai seulement deux exemples.

Le calcul des contraintes supportées par l'axe, ou mèche, d'un gouvernail est assez délicat en raison de la complexité des efforts qui lui sont appliqués : on peut aisément les mesurer à l'aide d'extensomètres à fil résistant.

La puissance transmise par la ligne d'arbres qui entraîne l'hélice constitue une caractéristique essentielle pour la propulsion du navire : le moyen le plus sûr pour l'évaluer consiste à mesurer la déformation de l'arbre sous l'effet du couple de torsion auquel il est soumis. Cette mesure est faite le plus souvent à l'aide d'appareils spécialisés appelés torsiomètres, mais elle peut également être obtenue avec des extensomètres à fil résistant placés suivant les directions principales de l'arbre soumis à la torsion.

#### IV. LES PREMIÈRES MESURES SYSTÉMATIQUES

C'est vers le début du siècle que les mesures extensométriques, employées à terre dès l'origine de la construction métallique, ont été appliquées aux navires. On en trouve alors quelques exemples à l'étranger, en Grande-Bretagne en particulier, mais il semble qu'aucun n'ait atteint l'ampleur et la perfection des recherches poursuivies pendant près de vingt ans avec méthode et persévérance par M. l'Ingénieur général du Génie maritime RACLOT, alors Ingénieur en Chef responsable des constructions neuves à l'Arsenal de Brest, où il devait devenir ensuite Directeur des Constructions Navales.

Malgré l'accroissement de nos connaissances et le perfectionnement des moyens techniques depuis cette époque, on est saisi d'admiration en lisant les notes datées de 1915 à 1918 dans lesquelles M. RACLOT expose si clairement les particularités du problème — que j'ai tenté de résumer ci-dessus — les moyens qu'il a imaginés pour y faire face, les résultats bruts de ses expériences et les conclusions absolument remarquables qu'il en a tirées.

Les navires étudiés sont ceux construits à Brest à partir de 1905, c'est-à-dire le croiseur-cuirassé de 14 000 t *Edgar Quinet*, les cuirassés de 23 000 t *Jean Bart* et *Bretagne* et le cuirassé de 25 000 t *Flandre*.

Les mesures les plus nombreuses ont été poursuivies pendant une longue période de la construction de chaque navire, commençant avant son lancement, se terminant peu avant son achèvement et comprenant ainsi un ou plusieurs passages au bassin et l'embarquement de pièces lourdes. Pour ces mesures, l'état de référence était donc celui du navire sur cale avant son lancement, état dans lequel il est vraisemblable que les contraintes sont modérées et que l'on retrouvait approximativement à chaque passage au bassin; l'état final était celui du navire flottant librement en eau calme à un déplacement voisin de son déplacement définitif; entre ces deux états s'écoulait une période de plusieurs mois. Les bases de mesures étaient réparties sur les fibres les plus chargées : vaigre et ponts. Elles avaient une longueur de 2 m et étaient constituées par une règle de 1,80 m dont une extrémité était rivée à la charpente, tandis que l'autre, libre, se présentait en face d'une réglette, rivée également à la charpente; les variations de longueur de la base étaient alors mesurées entre bouts des règles à l'aide d'une jauge à friction donnant le 1 100 de millimètre.

M. RACLOT a également fait des mesures dynamiques de contraintes rapidement variables : au cours du lancement de la *Flandre*, en navigation par mer agitée sur le *Jean Bart*, sous l'influence des vibrations provoquées par l'appareil propulsif sur divers navires. Pour ces mesures de courte durée, il avait conçu dès 1900 un extensomètre remarquablement simple, à base de 20 cm matérialisée par deux butées placées à cette distance entre lesquelles était comprimé un double ressort à lame ; grâce à cette précompression, toute variation de la distance des butées dans un sens ou l'autre provoquait une variation beaucoup plus grande de la flèche du ressort, fournissant ainsi une amplification sans jeu qui pouvait alors être suivie d'une deuxième amplification banale avant d'entrainer une aiguille ou un style enregistreur.

Enfin, M. RACLOT a employé lors d'un échouage en bassin de la *Flandre* des fils sous tension constante constituant des bases de l'ordre de 100 m de longueur, en vue de déterminer la dilatation moyenne des différents ponts.

Il serait trop long de mentionner toutes les précautions qu'il avait prises pour assurer la correction des mesures. Je me bornerai à noter que la nécessité de s'affranchir des déformations locales et de l'effet thermique ne lui avait pas échappé.

On ne saurait non plus résumer sans les amoindrir les résultats considérables obtenus par M. RACLOT et j'en citerai seulement quelques-uns.

Il a constaté que, dans les fonds, liés définitivement dès l'origine des mesures, les contraintes évoquaient de façon régulière pendant la construction tandis que, dans les hauts où, suivant la progression de l'achèvement, on ouvrait des brèches, détruisait ou créait des liaisons, des variations brusques se manifestaient ; il a obtenu des valeurs de la contrainte maximum du navire en eau calme et de la variation de contrainte par mer agitée dans un cas particulier.

Mais le résultat le plus important a été la mise en évidence du fait que, pour les navires en cause qui possédaient quatre ponts, les deux ponts les plus élevés ne se comportaient pas comme partie intégrante de la poutre à laquelle on peut assimiler les autres éléments, mais plutôt comme des tirants superposés à cette poutre ; il en résulte que la répartition des contraintes dans la section est beaucoup plus uniforme dans les hauts que ne l'indiquerait la théorie des poutres ; cependant, grâce à des compensations, l'ordre de grandeur des contraintes maxima demeure celui qui permet de calculer cette théorie. Les conséquences de ces constatations, développées par M. RACLOT, sont nombreuses et importantes pour l'architecture navale.

Il a également montré que, sur les navires de l'époque, des vibrations acceptables entraînaient des contraintes de l'ordre de celles que subit le navire en eau calme, tandis que celles dues à des vibrations considérées comme excessives étaient plus voisines de celles que subit le navire sur mer agitée.

## V. LA PÉRIODE CONTEMPORAINE

Pour la période contemporaine, je me bornerai à citer quelques exemples étrangers remarquables par l'ampleur des moyens mis en œuvre, et à indiquer l'évolution de la question en France.

### 1<sup>o</sup> Les essais du *San Francisco*.

Ces essais, effectués sous la direction du Dr SCHNADEL sur un navire à moteur de la *Hamburg-Amerika Linie* au cours de l'automne 1934, avaient pour objet essentiel d'étudier les contraintes sur houle.

Les mesures étaient faites à l'aide d'extensomètres enregistreurs à rayure placés sur le pont de résistance, les uns longitudinalement, les autres à 45° en vue de mesurer les cisaillements ; d'autres appareils avaient été disposés en plusieurs points de la charpente en vue de déterminer la hauteur de la fibre neutre. Les divers extensomètres étaient synchronisés électriquement entre eux et avec d'autres appareils destinés à mesurer certaines caractéristiques des efforts imposés au navire.

Le navire rencontra dans l'Atlantique nord une violente tempête qui, bien qu'elle ait mis un certain nombre d'appareils hors de service, permit de recueillir de nombreux enregistrements dépouillés ultérieurement par la méthode statistique. Je ne saurais exposer, même sommairement, les résultats obtenus. J'indiquerai seulement qu'ils ont fait apparaître une bonne concordance entre les fibres neutres calculée et expérimentale et montré que, en raison de la pression dynamique due à la houle, les contraintes étaient nette-

ment plus élevées lorsque le navire était dans un creux que lorsqu'il était sur une crête; toutefois, malgré ses approximations, le calcul classique fournissait un ordre de grandeur raisonnable des contraintes sur houle; l'influence des chocs des lames sur la coque se manifesta également avec netteté.

## 2<sup>e</sup> Les essais du *Neverita* et du *Newcombia*.

En 1944, l'*Admiralty Ship Welding Committee* a fait exécuter sur le pétrolier entièrement soudé *Neverita* une série d'essais de flexion statique complétée l'année suivante par des essais analogues sur un pétrolier de même structure, mais rivé, le *Newcombia*.

Ces essais avaient pour objet essentiel de comparer le comportement des structures soudées et rivées, et ils ont fourni de nombreux renseignements sur leur mode de travail.

Ils ont été organisés en vue de mesurer les contraintes dans une section voisine du maître-couple sous l'effet d'une flexion d'ensemble provoquée par des mouvements d'eau entre citernes qui produisaient des moments fléchissants de l'ordre de ceux rencontrés sur houle; accessoirement, on a mesuré en quelques points l'effet du chargement local par pression hydrostatique.

En vue de séparer les flexions locales de la flexion d'ensemble, divers types d'extensomètres ont été utilisés :

— Extensomètres à longue base (2,50 m) à lecture par vis micrométrique;

— Extensomètres à base moyenne (125 mm), comportant deux variantes : appareil Tomlinson à cadran et indicateur acoustique Maïhak;

— Extensomètres électriques à base courte (20 mm).

En de nombreux points ces appareils étaient disposés en rosette.

Ces expériences ont montré un excellent accord avec la théorie en ce qui concerne les fibres extrêmes, mais des écarts assez importants dans les cloisons longitudinales. Un début de flambement des bordés comprimés a été mis en évidence. La différence entre les deux modes de construction, rivetage et soudage, s'est manifestée essentiellement dans les contraintes locales, généralement moins élevées en construction rivée.

## 3<sup>e</sup> Les essais du *Président Wilson*.

En 1947, la *United States Maritime Commission* fit exécuter sur le paquebot *Président Wilson* des essais de flexion statique en vue d'étudier la contribution des superstructures à la résistance longitudinale du navire. A l'égard de ce problème, le *Président Wilson* présentait un intérêt particulier du fait que ses superstructures étaient construites en alliage léger.

Pour ces essais, le navire était lesté à l'eau douce, la variation totale de moment fléchissant étant de l'ordre de la moitié du moment sur houle, et les mesures étaient faites essentiellement à l'aide d'extensomètres à fil résistant à base de 20 mm, quelques extensomètres mécaniques à base de 1,50 m étant montés au maître couple.

Ces expériences montrèrent que, jusqu'au pont continu le plus élevé, le navire travaillait comme une poutre, tandis que, dans les superstructures d'étendue limitée, les contraintes décroissaient assez rapidement quand la distance à la fibre neutre augmentait; ces superstructures ne travaillent donc pas comme partie intégrante de la poutre, mais leur contribution à la résistance d'ensemble n'est pas négligeable : la charpente ne peut donc être calculée suivant l'une ou l'autre de ces hypothèses extrêmes. Des concentrations de tension atteignant 4,6 ont été relevées dans une région comportant des discontinuités marquées.

## 4<sup>e</sup> Les essais de l'*Ocean Vulcan*.

Les essais entrepris en 1946-1947 par l'*Admiralty Ship Welding Committee* sur le cargo à vapeur *Ocean Vulcan* méritent une mention spéciale.

Le but final des essais est de déterminer les contraintes subies par un navire à la mer, mais les expérimentateurs ont choisi une méthode indirecte consistant à déterminer d'abord, par une observation de longue durée à la mer, les forces qui s'exercent sur le navire, à en déduire par le calcul les efforts élémentaires correspondants : effort tranchant, moment fléchissant, moment de torsion, etc. et, enfin, à

reproduire séparément ces derniers dans des expériences en eau calme en vue d'obtenir les contraintes à la mer par superposition.

Dans la première phase, quelques extensomètres (extensomètres mécaniques Tomlinson à base de 125 mm et extensomètres à fil résistant à base de 150 mm) seulement ont été montés pour information; cependant, au cours des derniers voyages, un extensomètre statistique a été expérimenté.

Comme il était prévisible, le dépouillement des enregistrements d'efforts à la mer s'est révélé extrêmement laborieux, et les analyses correspondantes n'ont été publiées qu'en 1953-1954.

Les essais statiques qui ont été faits en 1947, non seulement sur l'*Ocean Vulcan*, mais également sur un navire rivé de structure analogue, le *Clan Alpine*, rappellent ceux effectués antérieurement sur les pétroliers, mais ont utilisé des moyens encore accrus.

Le rapport final n'est pas encore publié.

## 5<sup>e</sup> Le développement de l'extensométrie en France.

En France, le développement de l'extensométrie dans la Marine a été l'œuvre du *Laboratoire de Résistance des Matériaux* sous l'impulsion de M. l'Ingénieur général de LEIRIS.

Entre les deux guerres, il était déjà courant d'effectuer des mesures par extensomètres Huggenberger à l'occasion d'essais statiques : cloisons étanches, plongée profonde des sous-marins. Des essais à la mer avaient également été exécutés avec un matériel restreint sur le *Montcalm* et l'*Audacieux*. Mais l'activité essentielle du Laboratoire dans ce domaine visait à la réalisation d'appareils adaptés aux mesures à bord.

Après de nombreux essais et une mise au point minutieuse, le Laboratoire a retenu deux types d'extensomètres mécaniques enregistreurs à base de 210 mm, ayant en commun la réalisation d'articulations par lames flexibles et le système de guidage parallèle par fourreau et piston. Le premier type est autonome, l'enregistrement se faisant à l'encre sur un tambour à mouvement d'horlogerie; l'amplification, de l'ordre de 200, permet de lire à l'œil nu les diagrammes enregistrés. Le deuxième type, plus spécialement conçu pour les essais à la mer, peut fonctionner longtemps sans surveillance; le style d'enregistrement est terminé par une pointe en carbure de tungstène venant rayer un film cinématographique non émulsionné, dont le déroulement est assuré par un groupe moteur-réducteur à six vitesses; l'amplification, de l'ordre de 17, exige d'agrandir les diagrammes avant de les exploiter.

Ces deux types d'extensomètres possèdent un second style destiné à marquer des tops de synchronisation sur tous les appareils fonctionnant simultanément.

Ils sont fixés par un dispositif à ruban métallique perforé, tenu sur des goujons soudés à la structure à étudier; lorsque ce soudage n'est pas possible, les goujons sont remplacés par des aimants permanents.

Ce matériel fut utilisé pour la première fois à bord en 1942 à l'occasion du lancement du paquebot *Kairouan*. Cette première application fut très satisfaisante, mais les circonstances ne permirent pas de la renouveler avant 1947, année au cours de laquelle la succession rapide des lancements de navires de commerce dans les arsenaux et chantiers français permit de faire plusieurs mesures.

En 1948, l'*Institut de Recherches de la Construction Navale* était créé; il ne pouvait échapper à cette Association que les circonstances étaient éminemment favorables à l'étude systématique des charpentes de navire en raison de l'existence d'un matériel extensométrique déjà éprouvé et de l'activité de la reconstruction de la flotte marchande française. Une collaboration féconde s'établit aussitôt entre le Laboratoire et cet Institut, qui mirent au point en commun un programme de mesures au lancement, comportant en moyenne un essai par mois.

Au fur et à mesure que la documentation ainsi recueillie croissait, il apparaissait que les lancements fournissaient également l'occasion d'étudier le problème important des concentrations de tension : c'est dans ce but que l'*Institut de Recherches* fit l'acquisition en 1952 d'un appareillage de mesures dynamiques par extensomètres à fil résistant qui, depuis lors, a été utilisé couramment lors des lancements. Au total, à ce jour, 55 lancements de navires de commerce ont donné lieu à mesures extensométriques utilisant, soit ensemble, soit séparément, les extensomètres mécaniques et électriques.

Ces derniers ont également permis l'étude des concentrations de tension par flexion statique sur un petit paquebot, tandis que, dès 1950, le Laboratoire avait exécuté, également par flexion statique, mais avec son appareillage, des mesures plus étendues sur un petit navire de débarquement.

Cependant le Laboratoire et l'Institut de Recherches ne perdaient pas de vue l'intérêt des mesures à la mer. L'occasion leur en fut fournie en 1952 par la *Compagnie Auxiliaire de Navigation* lors du premier voyage de son pétrolier *Bérénice*. L'Ingénieur principal du Génie maritime BALLET et l'Ingénieur des Directions de Travaux DÉVÉ, qui avaient déjà assuré avec compétence de nombreuses mesures lors des lancements, embarquèrent sur le navire avec la totalité du matériel disponible, soit 30 extensomètres à rayure sur film, 6 à lecture directe par rayure sur papier au blanc de zinc et 5 extensomètres à fil résistant dont une rosette. Des mesures statiques furent faites pendant le ballastage du navire et son chargement; malheureusement, l'état de la mer ne permit de mesures sur houle que pendant une courte période du voyage de retour en charge, alors que les extensomètres des fonds avaient dû être démontés. En revanche, des mesures de fréquence de vibration de la coque et de couple sur la mèche du gouvernail purent être menées à bien.

Ce voyage démontra que les appareils mis au point par le Laboratoire étaient bien adaptés à l'emploi à bord et fit ressortir l'importance des précautions à prendre pour assurer leur protection contre l'humidité dans les dures conditions de la mer.

Mais il montra aussi que, malgré le nombre relativement faible d'enregistrements dynamiques qui avaient pu être réalisés, leur analyse exigeait un travail considérable. Cette constatation incita le Laboratoire, qui avait amorcé depuis quelques années l'étude d'un extensomètre statistique, à reprendre activement cette étude. La mise au point du prototype de cet appareil, dénommé extensomètre compteur, a été récemment achevée par le *Laboratoire de Résistance des Matériaux*; c'est un appareil mécanique, à base de 300 mm, qui enregistre automatiquement pendant une longue période le nombre de fois où l'amplitude de la variation de la contrainte a dépassé des valeurs choisies à l'avance; le simple relevé des compteurs permet alors de tracer la courbe de fréquence des contraintes dans les conditions de l'observation. Il ne fait pas de doute que cet appareil rendra de grands services pour l'estimation des contraintes auxquelles est réellement soumis le navire à la mer.

En terminant cette rapide revue du développement de l'extensométrie à bord des navires, je voudrais encore mentionner que la mesure des couples moteurs est maintenant de pratique habituelle lors des essais de navires et même en exploitation, pour certains bâtiments qui possèdent un torsiomètre à poste fixe. L'Institut de Recherches s'est attaché à améliorer la précision de ces mesures, qui présentent un intérêt considérable pour l'étude de la dynamique du navire; elles sont faites le plus souvent à l'aide de torsiomètres usuels, mais l'Institut a également utilisé son appareillage d'extensomètres à fil résistant, qui a donné des résultats encourageants.

## VI. CONCLUSION

Depuis longtemps déjà, l'emploi de l'extensométrie est devenu courant en construction navale. Les arsenaux et chantiers (dont certains possèdent d'ailleurs un appareillage qu'ils exploitent eux-mêmes) et les armateurs savent qu'ils peuvent faire appel au concours du *Laboratoire de Résistance des Matériaux* et de l'*Institut de Recherches de la Construction Navale*, qu'il s'agisse de déterminer le régime général des contraintes dans un ensemble aussi complexe que le navire à la mer, leur répartition dans une pièce particulière de cet ensemble ou de mesurer le couple d'un appareil propulsif ou d'un appareil à gouverner en liaison avec les autres caractéristiques de fonctionnement de ces machines. Ils ne se font pas faute de profiter de ces facilités et nous ne pouvons que nous en féliciter.

Et, en conclusion de cet exposé, qu'il me soit permis d'associer dans le même hommage deux Ingénieurs généraux du Génie maritime, dont l'un, il y a un demi-siècle, faisait œuvre de pionnier en introduisant l'extensométrie dans l'architecture navale, tandis que l'autre poursuit inlassablement l'effort entrepris depuis plusieurs décades pour mettre à la disposition des expérimentateurs un matériel toujours plus parfait et mieux adapté à leurs besoins : j'ai nommé MM. RACLOT et DE LFIRIS.

## APPLICATIONS DE L'EXTENSOMÉTRIE ACOUSTIQUE AUX TRAVAUX PUBLICS

Par **M. Jean BELLIER**,  
Ingénieur à la Société Coyne et Bellier.

### I. INTRODUCTION

Pour bien juger de la mesure en travaux publics ou en génie civil, plus exactement, il faut tenir compte des usages, des nécessités, des sujétions de la spécialité. Pour en bien parler il faut aussi avoir éprouvé personnellement ces difficultés. Mon excuse à être celui qui aborde la question devant vous ce soir est sans doute, étant Ingénieur de Génie civil, comme voulait bien le dire tout à l'heure notre Président, d'avoir participé moi-même à plusieurs expérimentations sur ouvrages d'art, soit comme bénéficiaire, en tant que projeteur, soit comme organisateur soit, enfin, comme facteur d'appareils, ceci par nécessité technique. A ces divers titres j'ai bénéficié du contact des réalités d'abord et aussi de personnalités éminentes et c'est des leçons des unes et des autres que je vais essayer de tirer l'essence de mes propos.

Je délimite tout de suite mon sujet dont j'éliminerai, d'abord, tout ce qui est recherche de laboratoire sur les matériaux ou sur les éléments de construction. Il y a parmi nous, ce soir, plusieurs spécialistes de ces questions bien autrement qualifiés.

Je ne m'occuperai pas plus des essais sur modèles réduits. Cette technique, pleine d'intérêt et fructueuse, justifierait à elle seule une très longue conférence.

Je me bornerai à considérer les " observations ", au sens philosophique du mot, que nous effectuons sur les ouvrages en construction ou en service pour vérifier qu'ils répondent, dans leur ensemble, aux théories actuelles et à l'idée du projeteur ou pour vérifier que certaines parties, jugées caractéristiques, ont le degré de sécurité nécessaire.

Plus encore, laissant de côté les mesures de flèche de rotation, de température etc..., je ne vous parlerai guère que des mesures extensométriques faites sur ces ouvrages. Je précise aussitôt que je ne m'aventurerai pas sur le sujet — mettons discuté — de leur sens véritable et de leur validité lorsqu'on opère sur le béton. Aussi bien le débat perd-il de son acuité si l'on veut bien ne pas parler " contraintes " mais " déformations relatives ". Ces dernières qui résultent directement de nos mesures, sont déjà très représentatives du comportement de l'ouvrage et fort utiles au technicien. Si, par la suite, il m'échappe, cédant à l'habitude ou par commodité, de dire " contraintes " je vous demande de bien vouloir, avec indulgence, entendre " déformations relatives ».

L'utilité de telles mesures pour le contrôle de nos réalisations et l'avancement de notre technique, prouvée depuis toujours par l'exemple des grands constructeurs, était encore contestée par beaucoup de praticiens il y a seulement une douzaine d'années. A l'heure actuelle, on les considère d'un œil plus favorable et beaucoup penchent même à en entreprendre systématiquement. Quant à nous, réunis par la présente exposition, nous conviendrons sans peine que ces mesures sont indispensables.

Sans elles, en effet, la recherche se ferait à la seule et exclusive lumière des spéculations intellectuelles, sans référence constante aux réalités qui ont tant à apprendre aux plus intelligents.

Le progrès risquerait de rester d'ordre mathématique, sans atteindre à plus de sécurité effective ou à plus d'économie.

Aussi bien tous les grands constructeurs ont-ils été chauds partisans des mesures, même au temps où les appareillages ne pouvaient être que médiocres. Tous en ont fait personnellement, chacun, il est vrai, à sa façon. Et c'est parce que la chance m'a placé auprès de l'un d'eux, qui sent et enseigne la nécessité de l'expérimentation pour le développement de l'art des barrages, que j'ai eu à connaître, puis à m'occuper de très près, de cette passionnante chose.

## II. CONDITIONS MATÉRIELLES DE LA MESURE SUR LES OUVRAGES D'ART

Pour faire de bonnes mesures sans trop de dépense, ni trop de peine, il faut des appareils adaptés. On ne transpose pas tel quel un appareillage d'une technique à l'autre, des laboratoires aux chantiers. Voyons donc rapidement dans quelles conditions matérielles nous devons travailler sur les ouvrages d'art.

Ils sont généralement grands, du moins comparés aux machines, quelquefois très grands : les dimensions d'un grand pont et, encore mieux, d'un grand barrage, se chiffrent en centaines de mètres (fig. 1) ; nous trouvons sur les barrages des épaisseurs de plusieurs dizaines de mètres. De plus, les différentes parties d'un ouvrage deviennent le plus souvent inaccessibles une fois la construction terminée (fig. 2).

Cela implique la télémétrie et par des systèmes aussi peu influencés que possible par la longueur des lignes ou les défauts qui s'y rencontreront, sinon tout de suite quand les lignes seront encore neuves, du moins à terme quand elles auront subi les épreuves du temps et des intempéries.

Les appareils doivent, en outre, pouvoir être mis, être noyés dans la masse du béton et non seulement placés sur les faces. Cela résulte de l'épaisseur rarement négligeable des éléments (sauf peut-être en construction métallique) et aussi de ce que le béton est mauvais conducteur et, par surcroît, sujet dans sa masse aux retraits hygrométriques ou thermiques et, en surface, à la dessiccation, au gonflement par humidification et à des différences d'ensoleillement. Je ne connais pas de cas où, y étant allé voir, on ait constaté que la loi de Navier était respectée jusqu'aux limites des sections sauf, peut-être pour des expériences de très courte durée, mais nous verrons plus loin qu'elles sont très insuffisamment représentatives. Dans les cas ordinaires, les variations de longueur superficielles n'ont qu'un rapport très lâche, parfois très lointain, avec celles de la masse qui apporte cependant l'essentiel de la résistance. On aurait souvent une image fausse de la répartition des contraintes si l'on se bornait à les mesurer en surface et à interpoler simplement dans l'intervalle.

Il faudra donc que les appareils puissent être mis dans le béton, c'est-à-dire dans l'eau, d'où la nécessité d'une étanchéité parfaite.

Mais encore il faudra qu'ils soient mis pendant la construction même c'est-à-dire, à ce moment décisif pour eux, livrés à la merci des équipes de coffreurs, de ferrailleurs, de bétonneurs, tous gens fort sympathiques et respectueux, le plus souvent, devant la Science mais fort éloignés, par nécessité professionnelle, des délicatesses des



FIG. 1. — Barrage de Bort-les-Orgues. Vue amont.



FIG. 2. — Barrage de Marèges. Vue du parement aval.

gens de laboratoire (fig. 3). Habitueés aux travaux de force, maniant constamment des bétons quelquefois à très gros éléments (fig. 4), et qui sont déversés par plusieurs mètres cubes d'un coup (fig. 5) on ne peut leur demander des soins minutieux pour les appareils qu'un ingénieur viendra glisser sous leurs pas. La robustesse est donc également nécessaire.

Seconde caractéristique générale des ouvrages d'art : leur complexité mécanique, même dans les cas théoriquement simples.

Les ouvrages sont presque toujours hyperstatiques, parfois à un degré médiocre, souvent plusieurs fois hyperstatiques, si j'ose dire, c'est-à-dire disposant de multiples possibilités d'équilibre qu'ils adoptent tour à tour suivant qu'évoluent les caractéristiques du matériau, les charges



FIG. 3. — Vibration du béton sur un barrage américain.



FIG. 5. — Barrage de Tignes. Vidange d'une benne de béton.



FIG. 4. — Gros béton pour barrage (barrage de l'Aigle).

extérieures ou les conditions d'appui. Celles-ci, en pratique, sont bien moins nettement définies que l'on n'admet, par force, dans les bureaux d'études; nous en verrons plus loin des exemples. De toutes façons, un ouvrage d'art est soumis aux intempéries, aux variations et dissymétries de température, d'humidité, d'ensoleillement dont les effets sont susceptibles de surclasser les effets des charges vives comme tout expérimentateur le constatera sans cesse.

Des mesures instantanées ne sont donc jamais représentatives de la qualité et du tonus d'un ouvrage. C'est sur des jours, des semaines voire des années, suivant le type d'ouvrage, qu'il faut étendre l'observation si l'on tient à le connaître vraiment.

D'autant plus que le béton évolue dans le temps et l'on assiste couramment, quand on suit les choses de près, à des phénomènes d'adaptation aux charges qui, soit dit en passant, sont instructifs pour le projeteur et rassurants pour le constructeur.

Ces mesures, prolongées après la mise en service, devront, bien entendu, être commencées pendant la construction même afin de saisir les effets, très importants, des retraits initiaux, des poids successifs des diverses parties, des décintrements ou clavages, des mises en précontrainte, etc...

Appelés ainsi à opérer pendant un long intervalle de temps, il est évident que les observateurs auront à travailler dans toutes les conditions, à monter dans les échafaudages et les cintres, à subir le vent, la pluie, le froid, à affronter l'humidité totale d'une galerie, etc... C'est donc tout l'appareillage qui devra être robuste y compris dans ses caractéristiques électriques. Les problèmes d'isolation seront donc bien souvent très difficiles en pratique et la vieille manière de résoudre sera, ici encore, la meilleure qui consiste à supprimer le problème en se rendant indépendant de l'isolation.

La simplicité d'emploi est particulièrement désirable étant donné que — et ce sera ma dernière remarque — il faut pouvoir confier les lectures à un personnel nullement spécialisé. Les chantiers tiennent à marcher leur train. En somme, ils ont raison. Faits pour construire et non pour mesurer, ils n'aiment pas qu'on les ennuie avec des exigences scientifiques qu'ils jugent accessoires, par exemple qu'on leur impose d'attendre la venue d'un opérateur pour couler un béton ou procéder à quelque manœuvre importante. Ils seront tentés d'esquerir, même si les contingences ne les y obligent pas.

Si donc l'on veut que des mesures soient faites à certaines étapes il est plus prudent de les demander au chantier lui-même. Cela devient une affaire intérieure beaucoup plus facile à régler et pour laquelle on trouvera toujours sur place l'homme conscientieux, ayant l'esprit ouvert qui sera heureux de participer à des recherches sur ce qui est un peu « son » ouvrage.

Même solution si l'on désire multiplier les lectures comme nous en avons vu tout à l'heure la nécessité. Les appareils devront donc pouvoir être mis entre toutes les mains et avoir un fonctionnement assuré dans toutes les circonstances.

Mais il faudra qu'ils aient les qualités d'un véritable appareil de mesure, notamment la sensibilité, la précision et, bien entendu, la fidélité, particulièrement précieuse quand on doit prolonger les observations. Ce n'est pas parce que les conditions de travail sont difficiles que le génie civil doit se contenter, en guise de mesures, d'approximations plus ou moins grossières ou d'indications plus ou moins mensongères. C'est, par nécessité, de véritables mesures scientifiques que nous poursuivons.

### III. GÉNÉRALITÉS SUR LES CORDES VIBRANTES

Il est prévu dans le titre officiel de ma causerie que je vous parlerai incidemment d'extensométrie acoustique. Je fais donc entrer en scène les cordes vibrantes.

On me soupçonnera peut-être d'avoir plaisir à en parler et je ne m'en cacherai pas car si je les ai personnellement beaucoup employées j'ai eu, par là, beaucoup d'occasions de les apprécier en tant qu'outil de mesure en général et dans les mesures de génie civil en particulier. Je sais que, sur les ouvrages d'art et dans les conditions difficiles que j'ai dites tout à l'heure, les cordes vibrantes, employées par des personnes souvent sans formation spéciale, n'ont cependant jamais été prises en flagrant délit d'erreur, même à échéance.

Mais je n'ai pas, pour autant, une affection aveugle et exclusive et je témoigne aussi volontiers des incontestables mérites de plusieurs procédés différents dont je connais, comme quiconque, les brillantes réalisations. Nous en usons nous-mêmes à l'occasion et, en particulier, au laboratoire. Reste à savoir s'ils conviennent aussi bien aux ouvrages d'art et remplissent toutes les conditions que nous avons énumérées tout à l'heure.

Pour y revenir, l'extensométrie par cordes vibrantes est due, en France, à l'Inspecteur général A. COYNE connu à ce titre et à d'autres plus importants. Le principe est simple :

Il consiste, étant donnée une corde de longueur  $l$ , solidaire de la pièce à ausculter, à maintenir à l'unisson une seconde corde de longueur  $L$  dont on règle la tension et, partant, la fréquence, au moyen d'une vis micrométrique. De la formule des cordes vibrantes on déduit l'égalité :

$$\frac{dl}{l} = \left(\frac{l}{L}\right)^2 \frac{dL}{L}$$

laquelle donne les variations extensométriques  $dl/l$  en fonction linéaire de l'allongement relatif de la corde comparateur L, c'est-à-dire en fonction linéaire de la rotation de la vis micrométrique.

L'écoute et l'excitation des cordes se font à distance au moyen d'électroaimants et il apparaît aussitôt, que s'agissant de transmettre des fréquences, les lignes n'introduisent aucune erreur quels que soient leurs défauts. Le béton constitue même un isolant très suffisant pour des fils nus et les courants vagabonds, si fréquents sur les chantiers ou dans les ouvrages, n'ont pas d'influence.

L'unisson s'obtient avec une grande précision par extinction des battements, méthode à la portée d'à peu près toutes les oreilles, même peu éduquées. Par ailleurs, la sensibilité se règle par la proportion des longueurs  $l$  et L et par le pas de la vis micrométrique. Le millionième est théoriquement accessible aisément à des appareils de dimensions courantes; mais je dis bien « théoriquement ». Notons enfin qu'aussi longtemps que l'on entend le son d'une corde c'est nécessairement le bon, autrement dit on peut compter sur la fidélité des appareils. Quant à la commodité d'emploi, c'est aux usagers d'en certifier et par ce terme j'entends, volontiers, ces techniciens de chantier, parfois humbles, tout dévoués à leur travail et qui se réjouissent quand ils peuvent se livrer à des mesures faciles en elles-mêmes et qui parlent aussitôt à leur esprit. Leur collaboration est précieuse et mérite d'être recherchée car elle apporte le moyen de multiplier les observations alors que, dans nos recherches, il faut pouvoir jouer sur le plus grand nombre possible de résultats.

Je ne voudrais pas abuser de votre patience en m'étendant plus sur le procédé des cordes vibrantes ou sur les appareils qui le mettent en œuvre. Je me permettrais, toutefois, de signaler que, comme tout extensomètre, la corde vibrante se prête à d'autres mesures qu'extensométriques. Il est, en principe, possible de mesurer à l'aide de tout extensomètre, des forces, des pressions, des températures, etc... au moyen de montages appropriés faciles à imaginer, et l'on ne s'en prive pas. Les ennuis commencent à la réalisation du schéma théorique. On découvre vite la difficulté quand on travaille avec les cordes vibrantes en raison de leur extrême sensibilité. Elles décèlent, en effet, impitoyablement les défauts du montage et, les sachant fidèles, on n'a pas l'échappatoire de se dire que les anomalies d'étalonnage viennent de l'imprécision de l'extensomètre, d'où l'on conclut souvent, avec soulagement, à la possibilité de les négliger.

Avec les cordes, contraint à plus de rigueur, on ne peut éviter de poser aussi l'hypothèse de quelque défaut de conception ou de réalisation du montage, ce qui est fréquent, ou encore d'une erreur de principe sur les propriétés mécaniques réelles des métaux employés, ce qui se rencontre fréquemment. Au bout du compte on se voit parfois obligé d'abandonner la combinaison qu'on avait choisie; il faut en imaginer une autre, ce que, d'ailleurs, on arrive souvent à faire avec succès.

La présente et brève revue des utilisations des cordes vibrantes serait trop incomplète si je ne mentionnais la possibilité qu'elles offrent de procéder à des mesures dynamiques. En effet, on est ramené à un problème d'enregistrement, vite résolu avec des oscillographes modernes. C'est aussi un problème, également résolu, de maintien des cordes en vibration naturelle aussi longtemps que dure l'expérience.

Sauf exception, il n'est pas question, pour des raisons humaines et matérielles, d'enregistrer simplement la fréquence directe des cordes pour dépouiller ensuite onde par onde. Il est plus expéditif d'effectuer un hétérodynage en mélangeant le son de la corde témoin à un son fixe de fréquence connue. L'oscillogramme, où s'inscrivent alors les battements, est relativement facile à interpréter soit en mesurant le temps qui sépare deux noeuds, s'ils sont rapprochés, soit en se basant sur la pente des tangentes aux pseudo-ondes si elles sont longues. La figure 6 reproduit un morceau de bande prise au cours d'essais sur un pont de chemin de fer lors du passage en vitesse d'une grosse locomotive. Diverses observations intéressantes ressortent de ce document, mais ce n'est ni le temps ni le lieu de les expliciter. Une confidence, toutefois : je me suis laissé dire que les résultats de cette expérience ne confirmaient pas pleinement les théories officielles actuelles, ce qui, d'ailleurs, ne m'a pas paru avoir tellement surpris les intéressés.

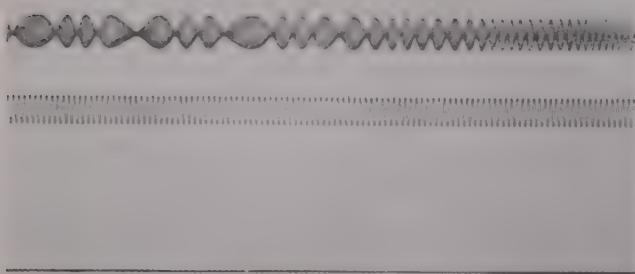


FIG. 6. — Oscillogramme hétérodyné.

#### IV. CONSIDÉRATIONS SUR L'UTILISATION DES RÉSULTATS DE MESURES

J'en arrive ainsi à cette autre partie de mon exposé où je voudrais vous dire comment, à mon avis, se présente la mesure en génie civil et ce qu'elle est susceptible de nous apporter.

Voyons d'abord quelles précautions prendre pour qu'une observation sur un ouvrage soit exploitable.

La première va de soi : avoir avant de commencer, une idée expérimentale, savoir ce que l'on cherche et non semer des appareils au hasard en pensant récolter des révélations inédites sur l'ouvrage, ou sur les hypothèses de calcul, ou sur le matériau sans s'être donné intellectuellement plus de peine. Je m'excuse de rappeler ce principe fondamental qui est pourtant quelquefois perdu de vue.

Ayant fixé le but, comment faire pour l'atteindre ? Quelle ampleur donner au dispositif ? On serait tenté de tout mesurer à la fois afin de ne rien laisser échapper mais, à l'inverse, les contingences matérielles ramènent à la sobriété : le temps, les forces, les crédits sont limités. De plus, il est un autre principe expérimental d'après lequel il faut diviser la difficulté et ne pas mélanger les problèmes. Au total le dispositif auquel on s'arrêtera va être relativement peu étouffé, c'est un fait.

Il importe, toutefois, de ne pas trop le restreindre et d'employer, quel que soit l'objectif, un nombre d'appareils proportionné à la complexité mécanique effective de l'ouvrage compte tenu des surprises que peut ménager la nature. Ne voudrait-on étudier qu'une seule section d'une poutre droite dont les conditions d'appui sont supposées bien définies, il est conseillé d'en ausculter au moins une autre à titre de contrôle. En effet, l'insuffisance, par exemple, de contrainte que l'on trouvera dans la section principale peut venir d'une résistance de la poutre plus forte qu'on n'estimait ou d'une charge plus faible, auquel cas la seconde section travaillera moins, elle aussi, et dans la même proportion ; ou bien l'anomalie peut venir de ce que le schéma mécanique est différent de ce que l'on imaginait, auquel cas la seconde section travaillera tout différemment de l'attente. Dans l'une et l'autre alternative, la conclusion est intéressante et utile.

Ma poutre droite est le cas élémentaire facile à décrire, mais d'après lequel on peut justifier, par extension, le principe pour tous les autres, étant entendu que le nombre minimum d'appareils sera d'autant plus grand que l'ouvrage sera plus complexe.

Si, comme je l'ai dit tout à l'heure, les contingences matérielles limitent ce nombre, du moins convient-il de tirer parti complet du dispositif installé en multipliant, même au prix d'une certaine peine, les lectures de chaque appareil. Il faut suivre l'ouvrage de très près pour saisir, comme au vol, les particularités de son comportement au fur et à mesure qu'il se modifie. En effet, il arrive très souvent que, soit les charges, au sens le plus général du mot, soit les caractéristiques mécaniques, évoluent lors d'un essai et il est rarement inutile de reprendre la mesure à plusieurs reprises et à des intervalles de temps qui dépendent du cas étudié. Je me suis personnellement toujours bien trouvé de me conformer à cette règle.

Une fois les résultats recueillis et mis en ordre il va falloir les interpréter. Ce travail sera confié à un ingénieur compétent, ayant lui-même déjà une certaine expérience des choses et surtout ayant les qualités innées de l'expérimentateur type. Les extensomètres ont toujours un langage hermétique, même lorsqu'ils chantent, et traduire leurs oracles est une tâche ardue. Pour la mener à bien il faut savoir prendre son temps et il faut aussi, outre des connaissances solides et extensives, posséder application, rigueur et droiture d'esprit, sans oublier les capacités imaginatives. Autant dire qu'on ne saurait attendre systématiquement du premier venu, pris parce qu'il est disponible, une interprétation de valeur. Il faut choisir son homme.

Que lui demander ? A mon humble avis surtout pas de tirer de l'expérience de grandes et définitives théories, si séduisant que cela soit à nos esprits latins. Plus humblement — et plus utilement — il faut reconnaître d'abord si l'ouvrage est stable, s'il a été bien construit et puis si le schéma théorique était juste et enfin ce qu'il paraîtrait indiqué de faire, la fois suivante, pour améliorer les choses. Tout cela, bien entendu, à la lumière de l'idée directrice suivant laquelle on aura instauré l'expérience précise. Les théories plus générales — et fécondes — sont réservées à quelques esprits d'envergure et ne seront abordées que plus tard et sur le vu, seulement, des leçons de beaucoup d'expériences élémentaires. Les bonnes théories, comme le miel, s'élaborent lentement et il y faut aussi de bonnes abeilles.

Restant dans cette perspective étroite mais féconde qu'allons-nous obtenir ? Pour être réaliste, je dirai volontiers que nous avons une certaine chance de produire d'abord un effet de découragement. Car nous ferons apparaître les choses comme plus compliquées qu'on ne s'imaginait, apparaître comme dépassés les schémas théoriques de l'école, comme inadaptées plusieurs des idées reçues. La tentation est alors grande pour quelques-uns de fermer les yeux à ces déconvenues et de se réfugier désormais dans l'incuriosité où Montaigne regrettait de voir s'installer, pour dormir, tant de têtes pourtant bien faites.

Mais il y a tout de même, et en assez grand nombre, des gens curieux; que leur apporterons-nous? Je dis tout de suite d'abord l'imprévu, l'inattendu et parfois le contrariant. Je ne connais pratiquement pas d'auscultation d'ouvrages d'art qui n'ait procuré des surprises et parfois de taille. Tout le monde peut s'y trouver pris : le projeteur, le constructeur et, avec les autres, le facteur d'appareils. Ainsi le premier fruit de ces expérimentations est-il une leçon d'humilité et elle est bien nette.

L'inattendu n'est, d'ailleurs, pas l'inintéressant, au contraire. Il n'est pas non plus l'illogique et je ne connais pas une seule auscultation bien préparée, bien conduite et bien suivie dont les résultats n'aient pas formé un ensemble cohérent, logique, reproductible et explicable par une explication valant pour chacun de ces résultats. Une fois débrouillé l'écheveau et le fil conducteur trouvé, tout s'organise et s'emboîte parfaitement. Pour ma part, j'ai coutume d'affirmer — sans pour autant croire à une originalité — que si l'on n'arrive pas à cette conclusion c'est que l'expérience a été viciée. C'est, par exemple, que l'on n'a pas suffisamment creusé la question, ou que les appareils, d'un type inadapté, n'ont pas été fidèles, ou que le dispositif était trop lâche ou mal exploité, ou que l'on a mal conduit l'expérience. Ces défauts évités ou corrigés, on ne peut que tomber sur une image logique, quoique souvent non prévue, de l'ouvrage.

Faisant alors le point, on verra que toute auscultation est profitable aux projeteurs et aux exécutants.

Aux projeteurs, en les éclairant sur la qualité réelle des hypothèses classiques, en leur ouvrant les yeux sur l'imperfection des schémas théoriques, en élargissant leurs vues. Et aussi en leur donnant, ce qui compense, un regain de confiance dans leur art parce qu'ils toucheront du doigt comment la Nature — qui est bonne fille, disait SÉJOURNÉ — s'arrange pour passer sur leurs erreurs et pardonner leurs fautes, hormis celle d'avoir tout misé sur un seul et mauvais tableau.

Aux exécutants, en leur révélant des erreurs involontaires qu'ils éviteront mieux par la suite pour les avoir reconnues, en les incitant à se méfier un peu plus des pièges de la nature et, j'ajoute, en leur rendant manifeste que les expérimentateurs ont des moyens de leur rendre service et ne cherchent aucunement à les desservir ou les gêner.

Les expérimentateurs, eux-mêmes, gagneront à chaque expérience une plus profonde connaissance de leur métier ainsi que des techniques auxquelles ils l'appliquent et de la psychologie des praticiens. Ainsi deviendront-ils plus aptes à aider efficacement les autres, ce qui doit être leur but essentiel.

## V. QUELQUES EXEMPLES

Chacune des assertions précédentes gagnerait évidemment à être étayée sur des résultats précis. Mais cela demanderait plus de temps que vous ne pouvez et n'aimeriez sans doute m'en accorder. Du reste on m'a demandé de me borner aux généralités. Voici cependant, à titre d'illustration rapide, quelques exemples que je vais cueillir dans nos archives.

Parlons d'abord du cas très simple de la tige métallique tendue, une suspente de pont suspendu par exemple. En principe elle supporte une traction uniforme; en pratique nous trouverons toujours qu'elle travaille aussi à la flexion, l'auscultation en trois points d'une même section révélant des fatigues secondaires très importantes qui peuvent aller jusqu'au renversement du sens de la contrainte. L'auscultation en un seul point n'aurait donc aucune valeur. Même pas sur une barre tendue en laboratoire dans une machine de traction.

Voici maintenant le cas d'une poutre à béquilles en béton armé (béquilles articulées) où l'on a constaté en clé, au décintrement, un moment fléchissant trop faible et de l'ordre de celui qui se calculait dans l'hypothèse de la travée parfaitement encastrée. L'observation s'est trouvée confirmée par les mesures dans une section de naissance où le moment avait le sens et la valeur du moment d'enca斯特rement. Grâce à la double mesure on avait donc la certitude que l'ouvrage n'était pas conforme au schéma théorique.

Pour que l'encaissement soit complet il fallait que les articulations de béquille aient refusé de jouer. Ce qui a été confirmé par les mesures de rotation. Je fais alors remarquer la cohérence de toutes les observations.

Autre fait intéressant, un mois plus tard l'ankylose avait disparu, les béquilles avaient tourné, les moments avaient pris une valeur plus normale. Je ne chercherai pas, ici, les raisons de ce phénomène curieux mais je pose la question : l'aurait-on décelé si l'on s'était contenté d'une seule mesure le jour du décintrement? Autre question : qu'aurait-on pu conclure si l'on avait dû suspecter les extensomètres de dériver dans l'intervalle des deux séances?

Toujours à propos de l'utilité de la répétition des mesures mais, cette fois, à un rythme beaucoup plus rapide, j'irai chercher une vieille observation, faite avant la guerre dans un silo à blé. Nous avions tenté de déterminer les pressions dans le grain au moyen de capsules manométriques à corde vibrante d'un type que, d'ailleurs, je considère maintenant comme très imparfait. Elles ont donné, cependant, des mesures assez bonnes et, à tout prendre, d'une précision suffisante pour un premier essai. Un des appareils mesurait la pression verticale dans l'axe du silo un peu au-dessus de la trappe de vidange. L'ouverture de celle-ci se traduisait par une baisse de pression qu'une lecture avant et une lecture après permettaient de connaître, pour autant qu'on avait la stabilité. Par curiosité autant que par système j'ai, pour vérifier cette condition, procédé à une série de lectures aussi rapprochées qu'il se pouvait pendant une manœuvre de la trappe. Maintenant on opérerait par enregistrement oscillographique, mais, grâce à la lenteur relative des phénomènes, mon procédé simpliste a cependant permis de constater avec la plus grande netteté des variations de la pression notables et à allure oscillatoire faisant penser aux phénomènes classiques en hydraulique lors de l'ouverture des vannes en bout de conduites forcées. On a constaté pareillement des sortes de coups de bâlier à la fermeture de la trappe.

J'ignore s'il a été tiré des conclusions théoriques ou pratiques de ces observations mais je pense, quant à moi, que la curiosité du fait lui-même a justifié l'expérience. Pour bien situer les choses, je précise qu'il s'agissait de silos carrés de 3,75 m de côté et 16 m environ de hauteur. Quelques déterminations très simples ont montré sans doute possible que la vidange se faisait depuis le haut du silo par une cheminée centrale d'environ 0,30 m de diamètre.

Voici maintenant (fig. 7) un graphique de déformations relatives du béton dans une poutre précontrainte sous l'effet de la mise en tension des câbles, des manipulations de la poutre et du coulage du tablier la joignant aux autres poutres de la travée.

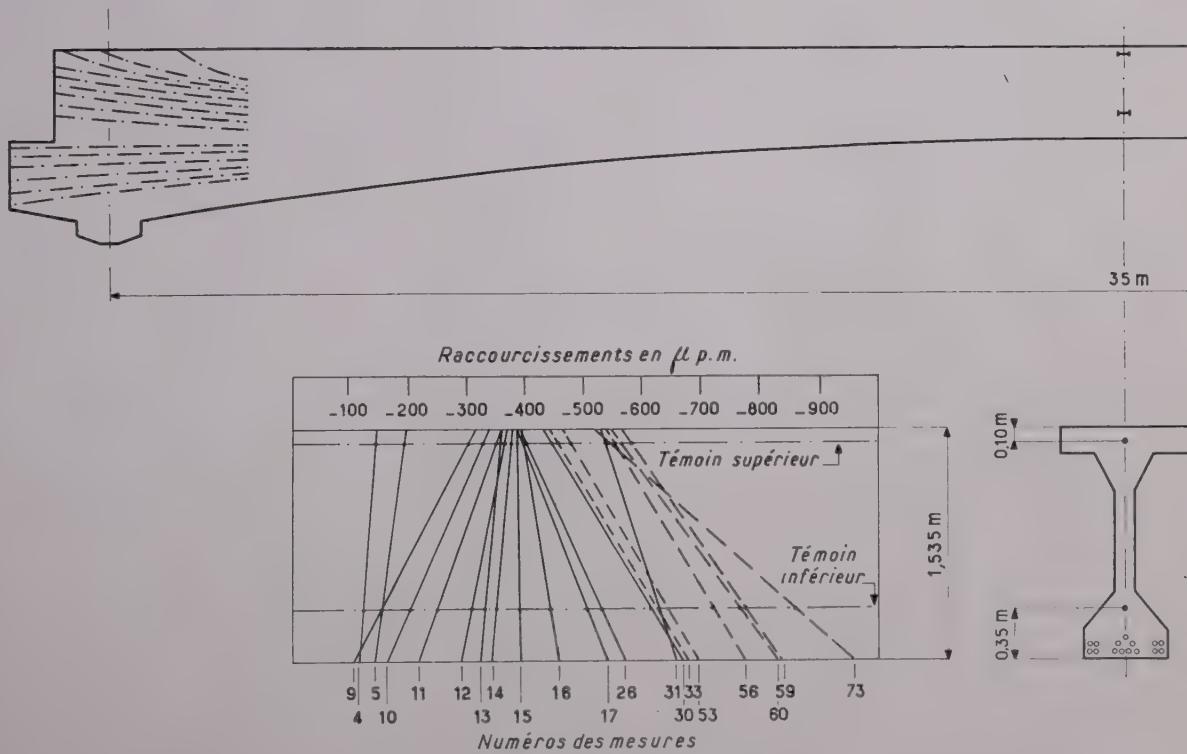


FIG. 7. — Poutre précontrainte. Section de clé.

Les mesures concernent la section centrale, l'emplacement des témoins sonores étant repéré sur la coupe. Le graphique suppose que la loi de Navier était respectée, ce qui était à peu près vrai entre les témoins d'après des observations sur une autre poutre du même ouvrage. Les traits ont été prolongés jusqu'aux fibres extrêmes en faisant abstraction des effets supplémentaires superficiels dont j'ai parlé tout à l'heure.

La surprise, dans le cas présent, a été que le raccourcissement des fibres supérieures pour les premières tensions de câble a dépassé de beaucoup ce que prévoyait le calcul élastique. C'était à se demander si la précontrainte avait été correctement appliquée ou si le béton avait des caractéristiques convenables. L'entrepreneur, un des plus qualifiés, ne s'est pas ému pour autant et il avait raison. En effet, le phénomène, retrouvé sur un autre ouvrage avec la même netteté, a été expliqué par M. FREYSSINET comme un effet de flUAGE du béton sous l'action prolongée des toutes premières mises en tensions. Le tassement acquis lors de ces opérations s'est conservé par la suite, les droites de déformation gardant une pente plus faible que ne disait le calcul élastique.

On voit tout de suite que l'on aurait été bien embarrassé pour en trouver la raison si l'on n'avait disposé que des dernières lectures, c'est-à-dire si l'on n'avait pas pris la précaution, quitte à s'imposer au chantier, de procéder aux lectures pendant toutes les mises en tension sans exception.

Concernant le même point voici une autre observation qui intéressait directement le chantier. Les poutres coulées à terre sur un cintre étaient d'abord partiellement mises en précontrainte, puis décoffrées par soulèvement au moyen de vérins appliqués sous les abouts et enfin, après complément de précontrainte, enlevées et portées en place par un ponton-mature. Le décoffrage de la première voûte a été suivi par auscultation de la section centrale et d'une section voisine de la naissance. La surprise, dans ce cas, a été la faiblesse du moment au centre et surtout du moment près de l'extrémité, la proportion entre les deux ne s'accordant pas avec l'hypothèse de l'appui uniquement sur les vérins. Il y avait donc un appui intermédiaire, qui ne pouvait être que le cintre. Vérification faite on découvrit effectivement que la poutre collait un peu au coffrage vers les reins. La cause était le tassement du terrain sous les vérins dont il a suffi de renforcer l'assise pour que tout redévenne désormais normal.

Je passe, maintenant, aux barrages. Ils forment de magnifiques objets de recherche par leur taille, la difficulté de leur calcul et leur sensibilité aux causes internes ou externes de variation du béton ainsi que par l'importance psychologique et économique de l'exact ajustement du projet au site. L'auscultation extensométrique d'un barrage exige un travail considérable tant pour installer le dispositif et procéder aux lectures, lesquelles s'étendent facilement sur plusieurs années, que pour classer et analyser les résultats et en tirer des conclusions pratiques. Pour ne citer qu'un exemple c'est un paquet d'environ 10 000 lectures de témoins sonores qu'il a fallu classer, dépouiller et interpréter dans l'étude du barrage voûte du Gage, qui a été mis en eau en juillet dernier puis vidé et rempli à nouveau, mais en quelques jours, dans le courant de l'hiver. Il est vrai qu'il s'agit d'un très gros exemple car l'ouvrage est exceptionnel par ses taux de travail au point de battre de loin le record mondial de minceur. Il méritait une étude détaillée. Rendons hommage à ceux qui se sont attelés, avec le sourire et avec une belle passion, à la tâche ardue et absorbante d'une telle interprétation.

Cette ample auscultation s'est montrée riche d'imprévus, ce qui ne nous a pas surpris. Par ailleurs, sauf anomalies provenant des irrégularités mécaniques de la fondation, il est apparu que l'on était plus près de respecter les lois de la Résistance des Matériaux que sur les barrages plus épais. D'autre part, les effets des retraits et gonflements sont nettement moindres ce qui, vu l'importance qu'ils atteignent d'habitude, fait qu'au total les taux de travail ne sont pas majorés dans la proportion donnée par le calcul ordinaire.

Au passage voici un graphique (fig. 8) montrant l'influence sur le béton de l'humidification consécutive au remplissage. La figure 9 montre comment varie le coefficient différentiel de dilatation témoin sonore/béton, suivant que le béton est sec ou noyé.

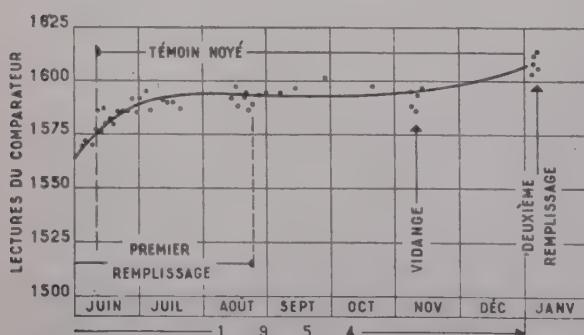


FIG. 8. — Barrage du Gage. Conflement hygrométrique du béton.

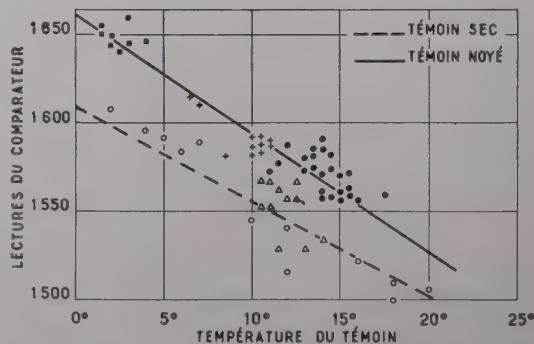


FIG. 9. — Barrage du Gage. Dilatation thermique différentielle. Témoin sonore/béton.

Nous n'avons pas manqué de retrouver sur le barrage du Gage les mêmes indices qu'ailleurs de la grande déformabilité du « rocher de fondation » comparativement au béton. Je précise tout de suite que je vise la masse rocheuse naturelle sur laquelle on pose les ouvrages et qui est loin d'être homogène comme un bloc isolé.

La première indication à ce sujet avait été recueillie au barrage de Marcillac où, pour déterminer si les coefficients d'élasticité du rocher et du béton étaient dans le rapport 1 ou 2 comme disaient les Américains, j'avais mis des témoins sonores dans des forages du rocher en prolongement de témoins sonores, béton proches de la fondation.

A la mise en eau surprise : le rapport n'était ni 1 ni 2 mais plutôt 0,10 ou 0,05. L'explication se trouve sans doute dans le fait que la poussée au vide des rives ou les travaux de fouilles desserrent les diaclases ou les failles du rocher près de la surface.

Autant de fois nous avons recommencé l'expérience, autant de fois nous avons retrouvé des chiffres de cet ordre. D'où je conclus à la généralité du phénomène sur tous les ouvrages d'art et nonobstant tous les raisonnements contraires basés sur les observations dans le béton seul.

Voici (fig. 10) un graphique convaincant. Il vient de l'auscultation du barrage voûte de la Chaudanne. Les courbes inférieures représentent les variations de deux témoins sonores placés verticalement dans le rocher à 1,50 m et 3,00 m sous la fondation, un peu en retrait du parement amont. Les courbes supérieures donnent l'allure de la montée du béton de la console puis de l'eau devant elle. Le tassement du rocher sous la charge de béton, déjà important au niveau du témoin profond, où les pressions sont très diffuses est, au niveau supérieur bien plus grand, sans conteste, que le tassement d'un béton. La pesée de l'ouvrage par ce témoin eût été sensible à une levée de 1 m de béton, ce qui ne serait pas et de loin, avec un témoin béton.

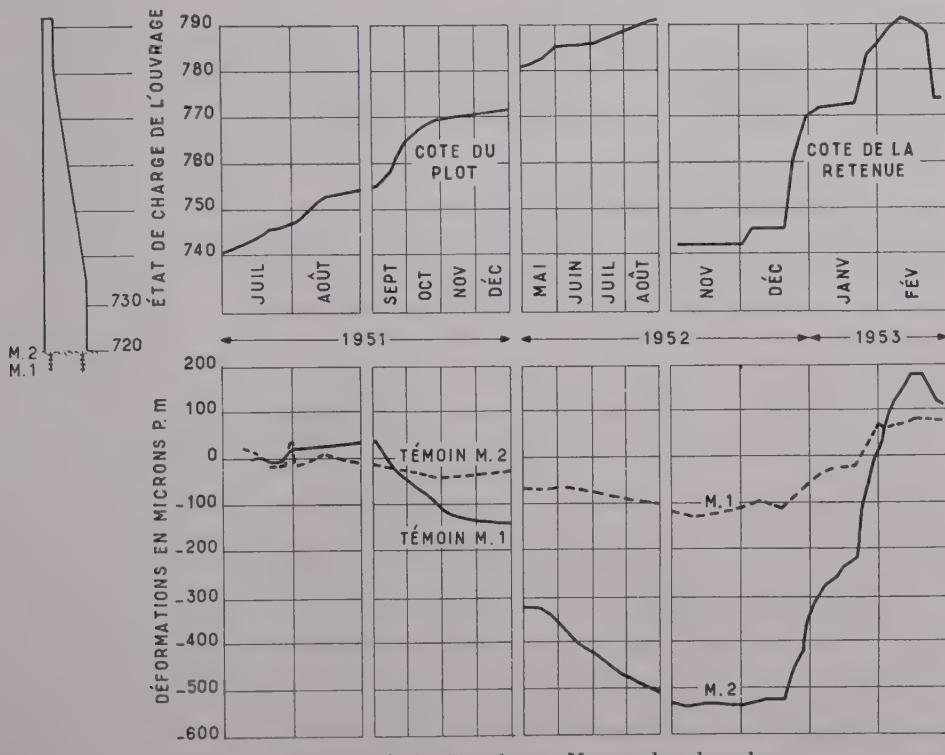


FIG. 10. — Barrage de la Chaudanne. Mesures dans le rocher.

De même on voit comme amplifié l'effet de décompression causé par la flexion de la console vers l'aval sous l'effet de la charge d'eau.

Sans parler des conséquences théoriques et pratiques de ces observations, je me permettrai de poser à nouveau la question : serait-on aussi sûr de leur exactitude si l'on n'avait pas pris la peine de relever souvent les lectures des témoins, ou si les appareils avaient été sujets à dérive ?

Toujours sur le point de la déformabilité des fondations rocheuses, voici un graphique (fig. 11) relatif à deux témoins sonores voisins placés en prolongement l'un dans le béton, l'autre dans le rocher. Je ne crois pas avoir à le commenter sauf à faire remarquer à nouveau quelle sécurité nous donne dans l'interprétation le très grand nombre des relevés.

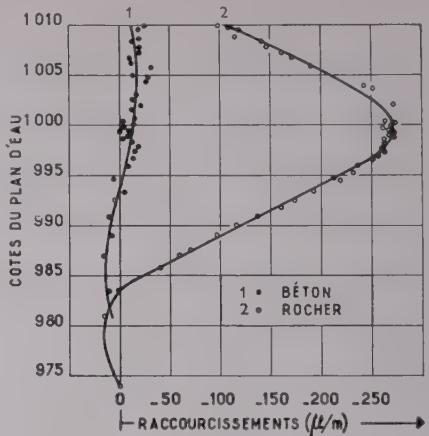
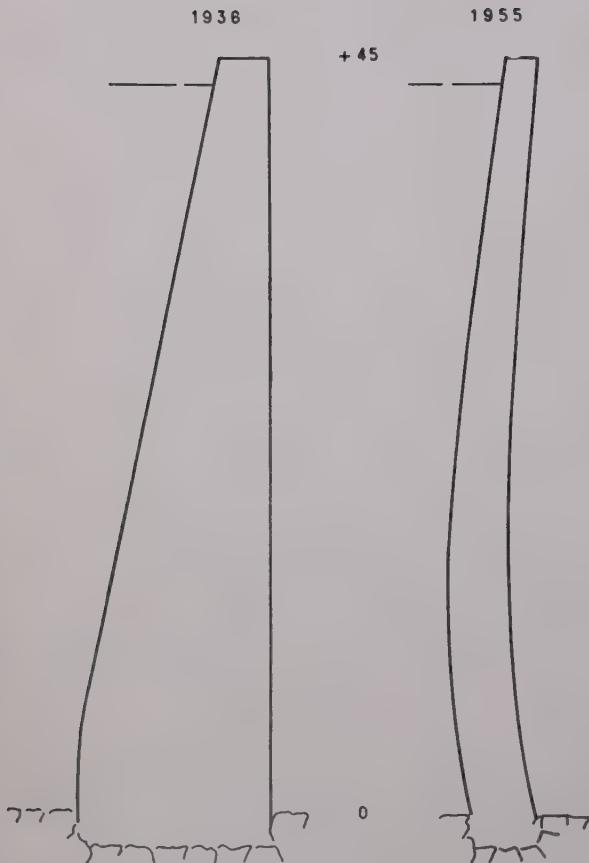


FIG. 11. — Barrage du Gage.  
Déformations comparées du  
béton et du rocher de la fon-  
dation.



## VI. CONCLUSION

Il est temps de conclure. Je l'ai fait en partie tout à l'heure en avançant que les observations sur les ouvrages sont indispensables au progrès technique et qu'elles sont profitables aux projeteurs et aux constructeurs. Il ne vous aura pas échappé que c'est ma conviction personnelle profonde mais je crois pouvoir ajouter que c'est très vite celle aussi de tous ceux qui, à tous les échelons, se sont attelés un jour de bon cœur à une tâche de cette sorte. Car c'est un grand et décisif attrait pour l'esprit que de voir, de toucher du doigt, avec quelle variété d'effets un ouvrage s'arrange pour résister à ses charges.

Mais j'ajoute, et c'est par là que je vais finir, que les observations sont finalement payantes car elles assurent le chemin vers les économies de matière par adaptation plus adéquate des projets. À ce propos voici une dernière figure (fig. 12), quelques traits, deux contours : le profil d'un même barrage voûte étudié par le même projeteur en 1936 (la construction n'a pas suivi pour raisons financières) et en 1955 (on en a reparlé dans les programmes). De l'un à l'autre projet l'économie de béton est de moitié. Si nous sommes arrivés en France à un tel progrès, c'est sans aucun doute grâce aux mesures qui ont affirmé nos pas.

FIG. 12.

# LES MESURES DE CONTRAINTES DANS LES PARTIES MÉCANIQUES DE LOCOMOTIVES

Par **M. Jean BOUTEFOY**,

Ingénieur E. C. P.,

Ingénieur au Service Traction de la Société Alsthom.

## Problème de l'allégement.

Comme dans beaucoup d'autres domaines, l'étude des parties mécaniques de locomotives est généralement dominée par le problème de l'allégement. En effet, les puissances requises tendent à croître constamment tandis que le poids total de la locomotive reste limité par la résistance des voies. Sur certaines voies de la S. N. C. F., la charge admise par essieu dépasse 20 t; sur les voies métriques, elle descend à 13 t ou même à 11 t, ce qui conduit, pour des locomotives BB, à un poids total maximum de 44 à 52 t.

Le poids de l'équipement représente en général plus de la moitié de ce total. C'est ainsi que pour des locomotives coloniales munies d'un moteur Diesel Sulzer de 600 ch, le poids de l'équipement thermique et électrique, comprenant donc le moteur Diesel lui-même, ses organes de suralimentation, et les organes relativement lourds de la transmission électrique, revient à 30 t pour un poids total de 52 t environ, soit à 58 % de ce poids.

Il reste pour la partie mécanique un poids de 22 t, qui constitue la limite impartie pour ce genre de construction; elle ne représente que 42 % du poids total.

Lorsque, peu après la guerre, la *Société Alsthom* a construit les premières locomotives de ce type pour la France d'outre-mer, cela paraissait une gageure de prétendre tenir cette limite. Elle a cependant pu livrer, dès cette époque, plusieurs dizaines de locomotives à moteur Sulzer, aux divers réseaux africains : Dakar-Niger, Chemins de fer tunisiens, de Sfax à Gofra, du Cameroun, de la Côte d'Ivoire.

Lorsque plus récemment, des locomotives à moteur MGO de 850 ch ont été livrées à Madagascar, au Cameroun, aux Chemins de fer hollandais et au Pakistan, leur conception mécanique a été toute différente, car le poids de l'équipement avait pu, entre temps, être ramené à 23 t pour un poids total de 46 t (locos voie métrique) et de 54 t, sans lest (locos voie normale). Le poids attribué à la partie mécanique (23 à 30 t) représentait ainsi plus de la moitié du poids total (50 à 56 %).

L'allégement du matériel peut être souhaitable encore dans un autre cas. Par exemple, à la S. N. C. F., bien que la limite de charge admise sur les grandes voies électrifiées atteigne 20 à 23 t, il a été livré à ce réseau des locomotives du type CC à deux bogies comportant chacun trois essieux moteurs, dont la charge est inférieure à 18 t; la fatigue de la voie au passage de cette locomotive se trouve réduite d'autant, et c'est ce qui justifie la confiance de la S. N. C. F. en ce type de machine pour la réalisation des grandes vitesses (jusque et même au-delà de 243 km/h).

Ces allégements nécessitent évidemment un contrôle strict de la contrainte du métal dans les principaux éléments résistants de la locomotive, en particulier le châssis de caisse et le bogie.

Ils n'ont d'ailleurs pu être obtenus que grâce à l'emploi généralisé de la soudure électrique. Cette technique nous a causé au début, comme d'ailleurs à la plupart des constructeurs, quelques déboires heureusement limités, mais qui ont mis à l'ordre du jour l'étude des conditions de travail du métal dans les différents éléments de la construction, ainsi que celle de formes propres à éviter les surcontraintes locales dangereuses.

Le problème de la résistance de la structure s'est trouvé ainsi posé.

## Description du mode de construction des caisses de locomotives.

Le mode de construction adopté pour les caisses de locomotives consiste à réaliser un ensemble monocoque, afin de faire travailler la plus grande partie du métal dans des conditions homogènes.

La caisse est réalisée par l'assemblage des éléments partiels suivants : un châssis, deux cabines aux extrémités, deux faces latérales, deux cloisons de cabine pour limiter l'espace réservé au poste de conduite.

Ces éléments sont assemblés par soudure par points ou à l'arc en sorte de constituer une poutre homogène, ou plutôt un ensemble de deux poutres symétriques par rapport au plan axial longitudinal de la locomotive.

Chaque poutre comprend un longeron supérieur, composé du pavillon avec ses renforts longitudinaux, un longeron inférieur comportant le brancard, les longrines, le plancher et enfin un certain nombre de montants verticaux encastrés dans les longerons et entretoisés par la tôle de revêtement. Cette tôle de revêtement, participe à la résistance de l'ensemble, malgré sa faible épaisseur (2,5 ou 4 mm) d'où le nom de « caisse à revêtement travaillant » donné aux caisses réalisées suivant ce procédé.

Ce mode de fabrication par éléments séparés se prête bien par ailleurs à la réalisation d'une construction en série.

### Description du mode de construction des bogies de locomotives.

Les bogies réalisés jusqu'à présent étaient composés essentiellement de longerons et traverses en tôle épaisse, de l'ordre de 30 mm d'épaisseur, et de profilés du commerce ; ces éléments étaient rivés.

La rivure a été remplacée par la soudure à l'arc, et les tôles épaisses par des éléments en tôle mince de 8 à 12 mm soudés en caisson. Le poids de métal utilisé peut ainsi être réduit, puisqu'une tôle de 30 mm est remplacée au maximum par deux épaisseurs de 12 mm, mais de plus, le moment résistant dans le sens transversal de la poutre ainsi constituée est sensiblement accru. Les amplitudes des mouvements transversaux des locomotives sur les voies se trouvent réduites dans la même proportion et, par suite, les réactions d'inertie qu'elles transmettent aux voies (voir fig. 1).

Il faut noter, cependant, que si la rigidité d'ensemble de tels châssis est élevée, leur résistance à des efforts concentrés est parfois relativement faible, en particulier lorsque cet effort s'applique en pleine tôle. Au droit des points d'appui des charges, les caissons doivent être correctement nervurés.

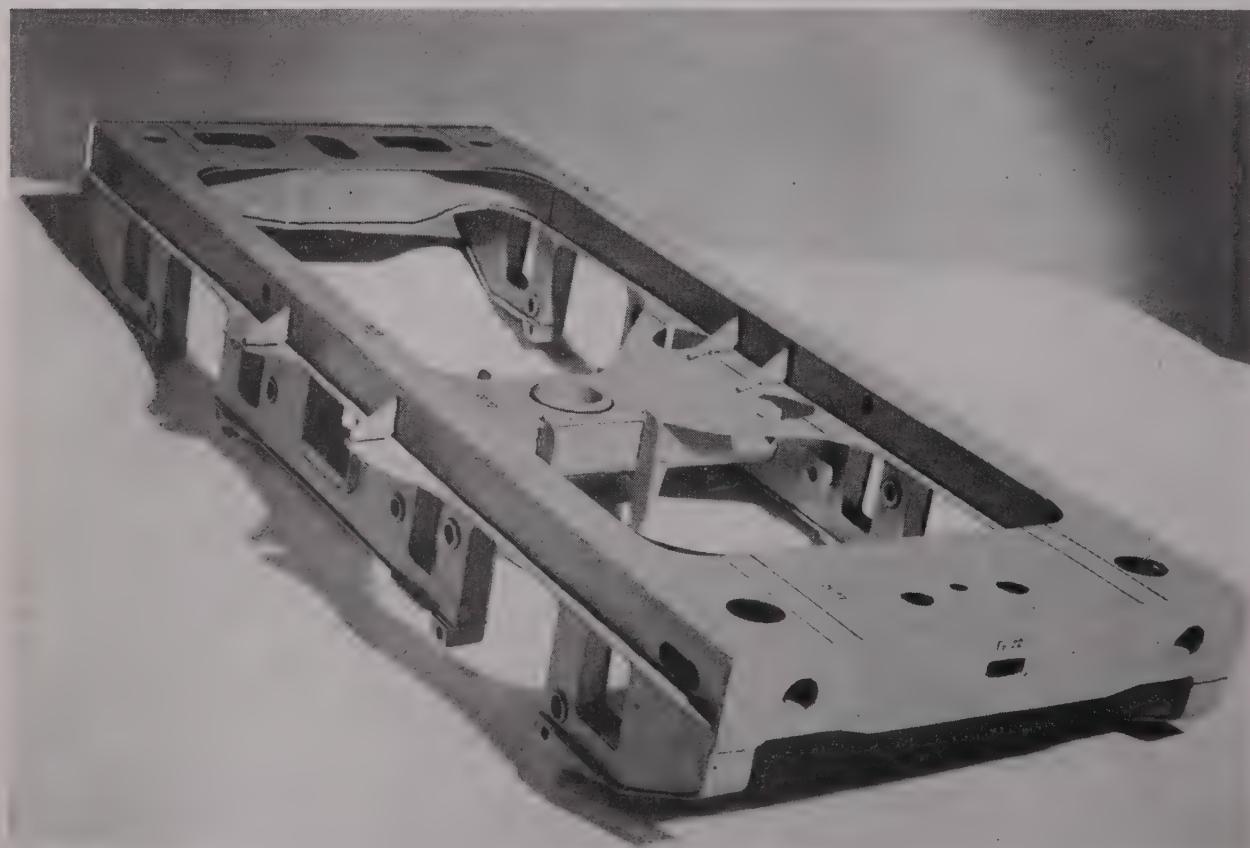


FIG. 1. — Locomotives B.B. 8 100 de la S. N. C. F. Châssis de bogie entièrement soudé.

## Nature des efforts auxquels ces éléments sont soumis.

Le dimensionnement correct de ces organes nécessite avant tout de connaître avec précision les efforts auxquels ils sont soumis.

Statiquement parlant, la charge verticale est parfaitement connue. Cependant, en service, des oscillations verticales et transversales se produisent, donnant naissance à des efforts mal définis.

Par ailleurs il faut tenir compte des différentes manœuvres auxquelles les locomotives seront soumises. Les opérations d'entretien comportent en particulier des démontages d'essieux et de suspension au cours desquels la répartition des charges et l'importance des couples appliqués peuvent varier notablement par rapport aux valeurs normales; elles comportent aussi des levages de caisse au cours desquels celles-ci sont saisies par leurs extrémités, afin de dégager l'accèsibilité des bogies.

On considère généralement les efforts se produisant en dehors du service normal comme des efforts statiques; on introduit naturellement dans les calculs un coefficient de sécurité destiné à tenir compte de leurs variations accidentnelles.

En ce qui concerne les efforts dynamiques, on les distingue suivant leur orientation c'est-à-dire :

- les efforts verticaux, résultant de la charge de la locomotive;
- les efforts transversaux, dus aux oscillations transversales de la masse accompagnant son déplacement longitudinal à grande vitesse; ce sont les mouvements de lacet;
- les efforts longitudinaux, dont la résultante se trouve au crochet de traction de la locomotive.

On distingue également différents couples :

- couple de torsion, résultant de l'inégalité de la répartition des charges verticales sur les appuis, par suite des défauts verticaux de la voie et entraînant un gauchissement des châssis;
- couple de rotation, résultant de l'inégalité de la répartition des charges transversales sur les appuis lors des passages en courbes;
- couple de cabrage, sous l'action des efforts longitudinaux, dus à la hauteur du crochet de traction au-dessus du rail.

Tous ces efforts et couples n'ont pas la même importance au point de vue de la fatigue du matériel.

## Valeurs des efforts. Leur mesure.

Les valeurs de ces efforts dynamiques ont été mesurées sur de nombreux types de locomotives. La S. N. C. F. dispose, à cet effet, d'un appareillage considérable, permettant en particulier l'enregistrement simultané de plusieurs phénomènes variables. Les essais ont été effectués sur de nombreuses voies des différents réseaux, dans les conditions les plus diverses.

Une première série d'essais, effectués sous la direction de M. MAUZIN, a consisté à mesurer au moyen de quartz piezoélectriques, les efforts transversaux entre essieu et boîte d'essieu; à l'inertie de l'essieu près, cet effort représente celui qui est exercé par chaque essieu de la locomotive sur la voie.

Une seconde série d'essais, effectués sous la direction de M. GASPARD, a permis de mesurer les contraintes du métal en différents points particuliers des châssis de caisse et de bogie.

Le but essentiel de ces essais était de contrôler les conditions de travail des machines existantes; en ce qui nous concerne, ils nous ont permis en plus de définir, pour les différentes surcharges dynamiques, des valeurs moyennes susceptibles de servir de bases à des calculs ultérieurs et à l'étude de nouveaux matériaux.

Les surcharges verticales dépendent évidemment des caractéristiques de la suspension; dans les conditions normales, elles paraissent relativement peu affectées par les variations de la vitesse longitudinale; elles s'élèvent à environ 40 ou 60 % de la charge verticale; nous admettons un coefficient de majoration moyen des charges verticales de 50 %.

En ce qui concerne les efforts transversaux, les essais effectués par M. MAUZIN sur différentes locomotives et sur différentes voies ont montré qu'ils avaient tendance à augmenter assez rapidement au-delà d'une certaine vitesse; au-delà d'une certaine valeur, ils peuvent provoquer une déformation irréversible de la voie appelée ripage; suivant l'état d'entretien de la voie, le ripage peut se produire sous des efforts ne dépassant pas 40 % de la charge verticale. En particulier, la vitesse des locomotives est limitée à celle pour laquelle les efforts transversaux atteignent cette valeur, à moins qu'une limite plus faible ne se trouve imposée par des circonstances extérieures à la machine telles que rayon des courbes, distance d'implantation des signaux, densité du tracé. On peut donc considérer cette valeur (40 % de la charge verticale) comme la valeur maximum des efforts transversaux susceptibles d'agir sur les divers organes de la locomotive.

Quant aux efforts longitudinaux, ils sont donnés par les caractéristiques des moteurs de traction; à faible vitesse, leur valeur est limitée par le coefficient d'adhérence; ce coefficient, assez variable suivant l'état du rail, ne dépasse pas normalement 30 %.

Cependant des efforts longitudinaux notablement plus élevés que les efforts normaux se produisent en cas de tamponnement; ces efforts sont difficilement appréciables et varient certainement beaucoup d'une machine à l'autre en fonction de la rigidité des châssis. On estime généralement que les châssis doivent résister à des accélérations longitudinales de 2 g; en tout cas, leur dimensionnement est prévu pour résister aux efforts correspondants. De ce fait, les contraintes résultant d'un effort de traction à la limite de l'adhérence sont insignifiantes.

En résumé, les efforts essentiels à considérer pour l'étude de chaque organe sont les suivants :

- charge verticale : 1,5 fois la charge statique;
- effort transversal : 0,4 fois la charge statique.

On est ainsi ramené à un problème de résistance statique du matériel, sous réserve cependant que les contraintes mesurées restent inférieures, non pas à la limite élastique du matériau mis en œuvre, mais à sa limite de fatigue. Pour l'acier doux couramment utilisé, la limite admise est de 14 kg/mm<sup>2</sup>.

Les organes principaux soumis à ces essais sont les caisses et les châssis de bogie.

#### **Essais de caisses de locomotives.**

Parmi les différents essais de caisse effectués, voici (fig. 2) un exemple un peu particulier; il s'agit des caisses des locomotives CC 7 100 de la S. N. C. F. On a supposé, dans chaque cas, que l'ensemble de la locomotive complète était levé au moyen de vérins à ses extrémités; l'équipement intérieur et les bogies



FIG. 2. — Locomotives C.C. 7 100 de la S. N. C. F. Essai statique de la caisse sous charge verticale.

sont représentés par des masses de lest judicieusement disposées. La caisse telle que représentée sur la figure 2 pèse environ 12 t; chaque bogie suspendu à la caisse pèse 28 t, l'équipement intérieur réparti 32 t, soit un poids total d'une centaine de tonnes. Cet essai est particulièrement dur, mais a été effectué à titre de démonstration des possibilités offertes par ce genre de construction.

Dans les conditions normales de service, la caisse repose sur les bogies dont l'axe est situé un peu en arrière des portes, dont on distingue les ouvertures dans la paroi latérale; dans cette zone, l'effort tranchant est faible, de telle sorte que l'ouverture de la porte ne réduit pas sensiblement la résistance de la poutre. Dans le cas actuel cependant, l'effort tranchant au droit des portes est élevé, ce qui fait travailler durement à la flexion les membrures supérieures et inférieures. Les coins des portes ont été renforcés en conséquence.

Au cours de l'essai d'investigation particulièrement dur, représenté à la figure 2, la flèche n'a atteint que 16 mm au milieu de la poutre, dont les appuis étaient distants de 18 m, et il n'a été constaté aucune déformation permanente. Des contraintes de 25 kg/mm<sup>2</sup> ont été relevées cependant dans les coins des portes.

Rappelons qu'une telle opération est normalement interdite. Cependant, en cas de déraillement, on peut être amené, la caisse reposant par une extrémité sur un bogie, à la soulever par son autre extrémité, le second bogie étant alors suspendu à la caisse. On a également effectué un essai reproduisant ces conditions, la contrainte dans le coin des portes ne dépasse pas alors 14 kg/mm<sup>2</sup>.

Les mesures de contraintes ont été faites au moyen de tensomètres Hüggenberger, de 20 mm de base, répartis sur la tôle de la face latérale le long des membrures, autour des portes et des baies.

### **Essais de châssis de bogies.**

Voici, à titre d'exemple les dispositions réalisées en vue des essais sous charge transversale, des châssis de bogie des locomotives CC prototypes de la série 7 000.

La figure 3 montre l'importance de l'outillage nécessaire pour ces essais.

Dans les essais sous charge transversale, on a l'habitude d'appliquer aux deux essieux extrêmes, des charges égales à la valeur maximum fixée. En réalité, les charges sur ces deux essieux n'atteignent jamais simultanément leur valeur maximum, par suite des couples agissant sur les bogies. Cependant, en procédant de la sorte, on réalise dans le châssis de bogie une répartition des moments de flexion correspondant à l'enveloppe des différentes répartitions instantanées, les contraintes relevées en chaque point représentent donc les valeurs maxima susceptibles d'être atteintes en ces points, à un instant quelconque.

L'importance des charges transversales était généralement négligée; l'expérience a montré que, du moins en ce qui concerne les châssis de bogie, ce sont ces efforts qui provoquent généralement les contraintes les plus élevées.

Sous l'action de ces efforts, le châssis de bogie se comporte comme une poutre Vierendeel; les réactions d'appui de la poutre étant situées au droit des essieux extrêmes, les traverses du châssis constituent les montants encastrés. En partant de cette base, on a essayé de calculer les moments de flexion dans les longerons et les traverses, et en particulier, les moments d'enca斯特ment de ces éléments entre eux.

On sait que ce calcul est assez délicat; les formules obtenues sont compliquées. Par ailleurs, les formules font intervenir les moments d'inertie de chaque élément. Or, dans le cas d'un châssis de bogie, ces moments sont essentiellement variables le long de leur ligne moyenne, entre deux encastrements successifs. On est amené à introduire, dans les formules, des valeurs moyennes des moments d'inertie; les résultats obtenus sont donc essentiellement approximatifs.

Les essais statiques en usine, tels qu'ils ont été montrés ci-dessus, sont donc indispensables, au moins lors de la mise au point d'un nouveau matériel, pour s'assurer des qualités de résistance de celui-ci. Cependant, les renseignements donnés par ces essais arrivent généralement tard, alors que la fabrication est déjà lancée en série. A ce stade, les modifications qui peuvent s'avérer nécessaires sont souvent difficiles à réaliser, en tout cas coûteuses.

Il y a donc intérêt à obtenir le plus tôt possible une vérification expérimentale des calculs effectués; on a pensé obtenir cette vérification au moyen d'essais sur maquettes.

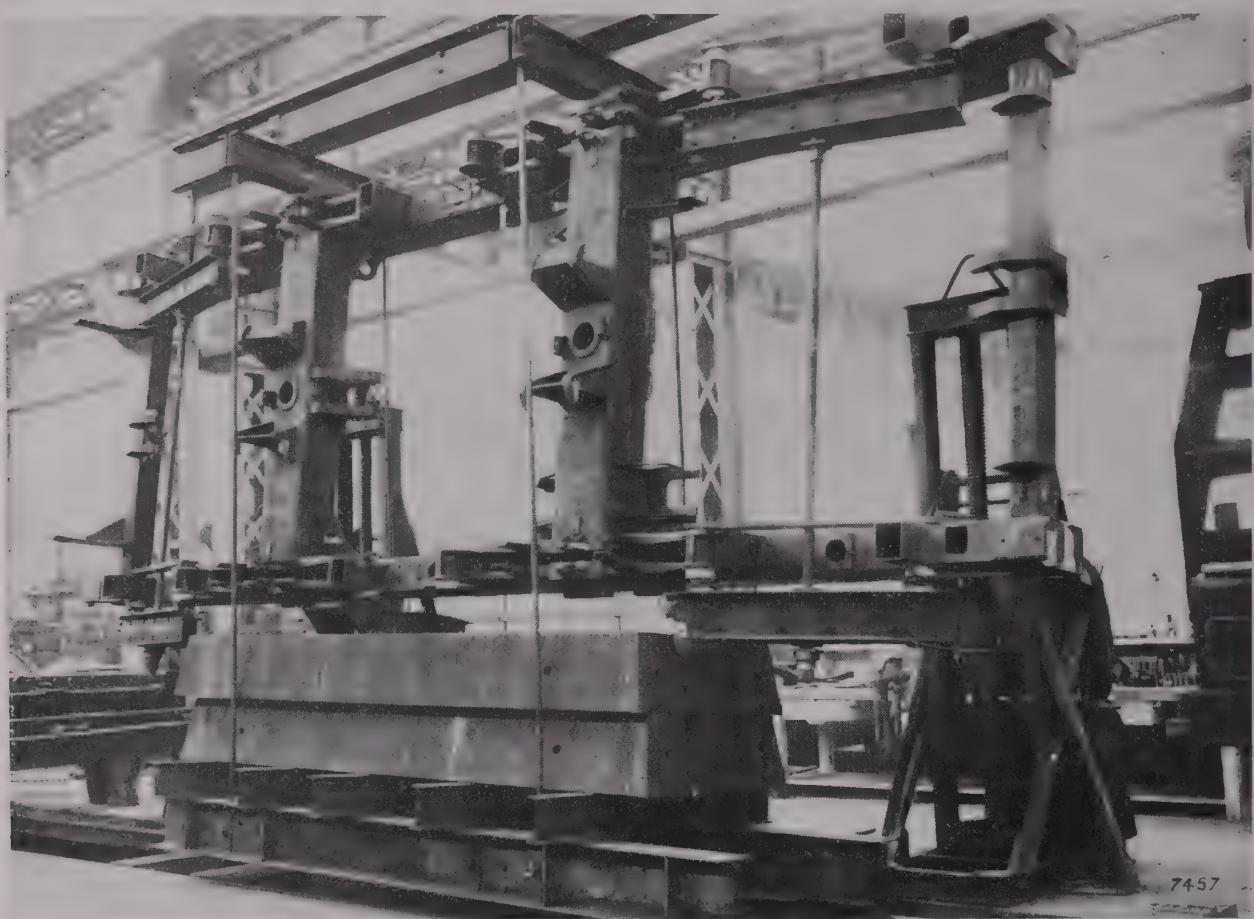


FIG. 3. — Locomotives C.C. 7 100 de la S. N. C. F. Essai statique du châssis de bogie sous charge transversale.

#### Méthode des maquettes homothétiques.

On a réalisé, à l'échelle de 1/5, des maquettes de différents châssis de bogie ; les épaisseurs des tôles utilisées ont été réduites elles aussi dans le même rapport. Si on exerce sur ces maquettes des efforts réduits par rapport aux efforts réels dans un rapport égal au carré du rapport des longueurs, on voit facilement que les contraintes du métal sont égales à celles du châssis réel.

Il faut évidemment que l'homothétie des châssis soit correctement réalisée, spécialement dans les raccordements et les zones à section variable.

Il faut enfin, pour que la précision des mesures puisse être considérée comme correcte, que la base des appareils de mesure soit réduite dans le rapport des longueurs. Nous avons donc abandonné les tensiomètres Hüggenberger, de base 20 mm, et utilisé des strain-gages de fabrication américaine, dont la base atteint 3,6 mm. Depuis lors, on a construit en France des jauge de 5 mm de base.

Les efforts verticaux et transversaux ont été réalisés au moyen de ressorts hélicoïdaux prenant appui sur un châssis de base transformable en vue de s'adapter aux différentes dimensions des bogies à essayer.

Les figures 4 à 8 représentent les dispositions adoptées pour les essais sous charge verticale ou sous charge transversale de ces différentes maquettes de châssis.

Dans tous les essais effectués sous charge verticale, le rapport entre les contraintes mesurées et calculées s'est trouvé peu différent de l'unité, sauf dans les points particuliers : par contre, ce même rapport s'est révélé très variable dans le cas des charges transversales, ce qui met en évidence les imperfections du calcul résultant de sa complexité.

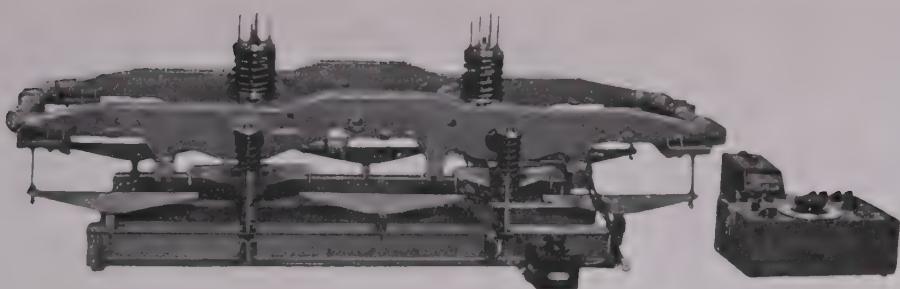


FIG. 4. — Maquette du châssis de bogie type 7 100 de la S. N. C. F. Essai statique sous charge verticale.

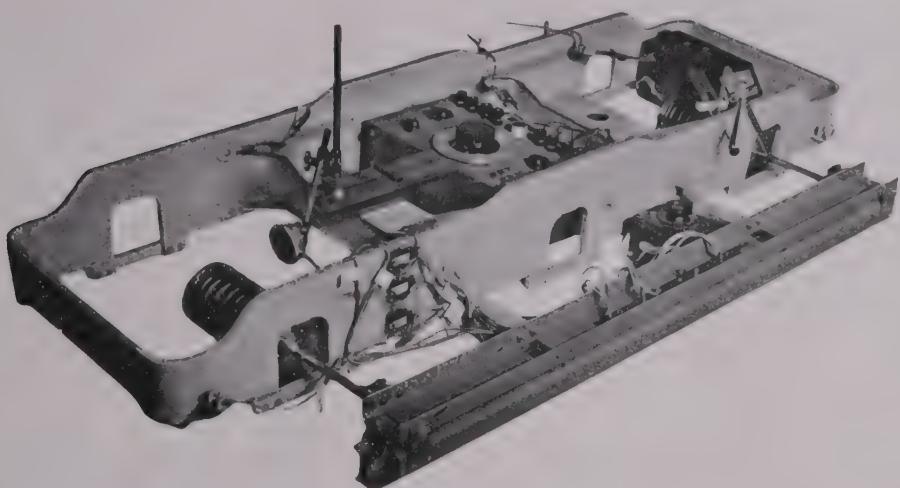


FIG. 5. — Locomotives type C.C. 14 100 (Valenciennes-Thionville) de la S. N. C. F. Maquette du châssis de bogie. Essai statique sous charge transversale.

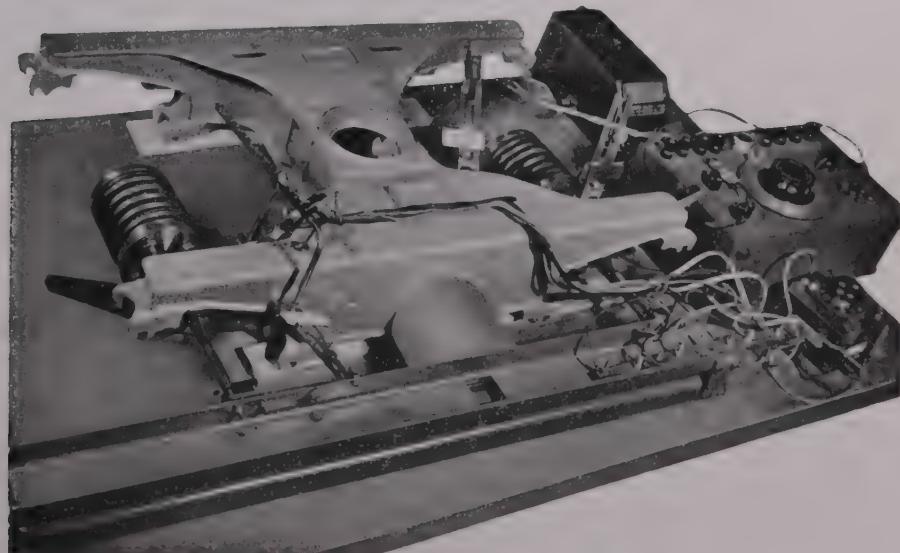


FIG. 6. — Locomotives Diesel électriques des chemins de fer néerlandais. Essai statique sur maquette du châssis de bogie.

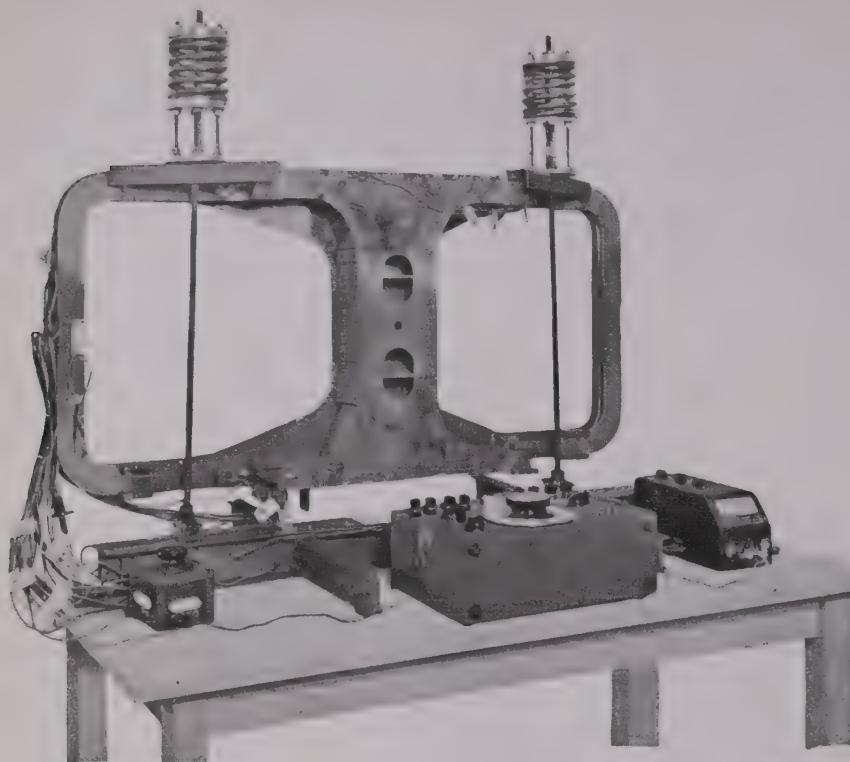


FIG. 7. — Locomotives électriques type B.B. des chemins de fer turcs. Maquette du châssis de bogie. Essai statique sous charge transversale.

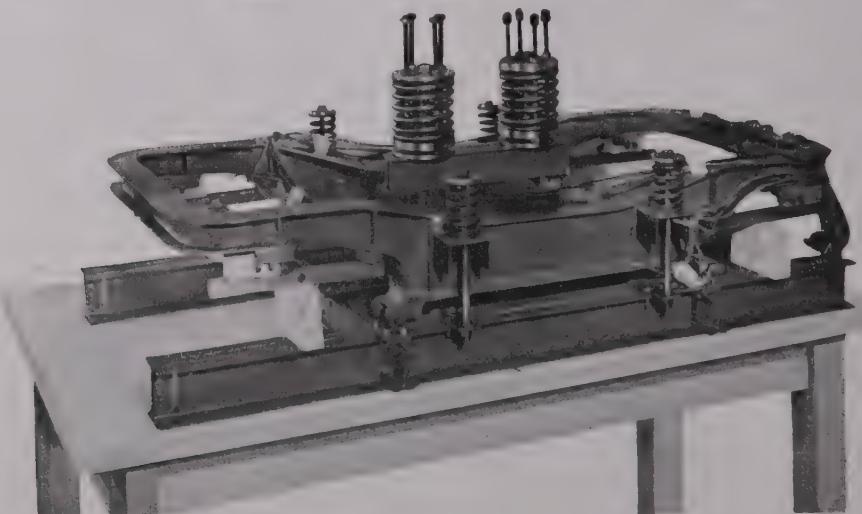


FIG. 8. — Locomotives électriques type B.B. des chemins de fer turcs. Maquette du châssis de bogie. Essai statique sous charge verticale.

Les contraintes les plus élevées sous charge verticale sont généralement relevées dans les arrondis des cages de boîtes d'essieux ; sur les bogies des locomotives BB Turquie, nous avons été amenés à ajouter dans cette zone une nervure supplémentaire non représentée sur la photographie.

Sous charge transversale, les contraintes les plus élevées sont généralement à l'encastrement des traverses sur les longerons, en particulier les traverses qui supportent les pivots. De larges goussets ont été prévus pour répartir les déformations sur de plus grandes longueurs et réduire l'importance des contraintes locales.

Ces goussets ne doivent cependant pas être disposés à la légère ; il faut avant tout qu'ils trouvent, sur chacun des deux éléments qu'ils raccordent, un appui solide ; ils peuvent être constitués, si la traverse et le longeron ont la même hauteur, par un épanouissement de la membrure supérieure de la traverse raccordée bout à bout avec celle du longeron (voir fig. 6 et 8).

Si la traverse a une hauteur moindre que le longeron, comme c'est habituellement le cas, les goussets vont s'appliquer en pleine tôle sur le longeron; cette disposition est défectueuse même si la tôle est épaisse, car elle aboutit uniquement à déplacer le point qui subit les plus grandes déformations.

En effet, à l'extrémité du gousset, le longeron ne travaille plus que sur une hauteur réduite, ce qui provoque une concentration d'efforts. De plus, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par le calcul, une nervure de faible hauteur par rapport à l'épaisseur de la tôle à raidir réduit le moment résistant de cette tôle plutôt qu'elle ne l'augmente. Il y a donc à l'extrémité du gousset concentration d'efforts et concentration de contraintes.

Dans le cas d'un longeron en caisson (fig. 4), une nervure soudée à l'intérieur du caisson répartit l'effort transmis par le gousset sur toute la hauteur du longeron.

Dans le cas d'un bogie en tôle épaisse (fig. 5) cette solution n'est plus possible; on a eu l'idée de terminer le gousset par une patte forgée. Cette patte répartit l'effort de liaison du gousset au longeron sur une plus grande hauteur de celui-ci; elle assure une meilleure continuité de la valeur du moment résistant.

Cette disposition a été essayée sur la maquette représentée figure 5 dans une forme très voisine de sa forme définitive, et a donné toute satisfaction puisque la contrainte mesurée a été peu supérieure à celle qui avait été calculée en supposant que le longeron travaillait sur toute sa hauteur de façon uniforme.

Cette méthode de prévision des contraintes dite « méthode des maquettes homothétiques » a ainsi permis de connaître au plus juste les contraintes qui seraient subies par les châssis de bogie et d'apporter, en temps utile, aux plans de construction les rectifications et améliorations nécessaires. La méthode pourrait d'ailleurs s'appliquer à quantité d'autres organes mécaniques.

Elle est donc susceptible de compléter très utilement les calculs, spécialement pour les parties comportant des concentrations d'efforts, des variations importantes de section, des encastrements ou des raccordements plus ou moins progressifs de plusieurs pièces entre elles. Dans ces points particuliers, même un calcul poussé peut conduire à des résultats erronés, s'écartant notablement, dans certains cas, de la valeur réelle de la contrainte.

## Conclusion.

Cet exposé a eu pour but de montrer les efforts faits par les Constructeurs de matériel roulant et en particulier par la Société Alsthom pour réaliser des constructions solides, présentant toutes garanties de sécurité, comme il se doit dans les chemins de fer.

(Photos Alsthom Clichés GAMAC.)

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*

*(Reproduction interdite.)*

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE  
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,  
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI<sup>e</sup>.

2629-1-56. — Typ. FIRMIN-DIDOT et Cie, Mesnil (Eure)  
Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trim. 1956.

*(Ann. I. T. B. T. P.)*

*Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN*

## ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

JANVIER 1956

Neuvième Année, N° 97.

*Série : LIANTS HYDRAULIQUES (13).*

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 21 JUIN 1955

SOUS LA PRÉSIDENCE DE M. A. CAQUOT,  
Membre de l'Institut.EXTENSION DE L'EMPLOI EN CIMENTERIE  
DES LAITIERS GRANULÉS  
DE HAUTS FOURNEAUX

PAR M. M. MARY,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,

Directeur de la Région d'Équipement Hydraulique Massif central I de l'Électricité de France.

## RÉSUMÉ

Le conférencier avait exposé le 4 mai 1951 le procédé de broyage du laitier par voie humide employé au Barrage de Bort. Il se propose de faire part de ses idées actuelles sur les moyens qui permettraient d'étendre l'emploi des laitiers granulés de haut fourneau, dont une quantité énorme est perdue chaque année. Des expériences récentes ont montré qu'en poussant la finesse de mouture, on pouvait obtenir des résistances à 7 jours de près de 450 kg/cm<sup>2</sup>. Les moyens de broyage permettent de livrer maintenant du ciment de laitier surmoulé de la classe 250-315. Le conférencier rappelle la supériorité du ciment à forte teneur en laitier en ce qui concerne la dissolution par les eaux pures, l'attaque par les eaux sulfatées et l'eau de mer, l'action du gel, ainsi que sa faible chaleur de durcissement, l'onctuosité du béton frais et l'imperméabilité de la pâte durcie. Il examine enfin les conditions économiques de cet emploi.

## SUMMARY

The speaker refers to the talk given by himself on the 4th. May 1951 on the wet pulverizing of slag, as employed on the Bort dam. He goes on to deal with his present ideas on methods to encourage greater use of granulated slag from blast furnaces, a vast quantity of which is wasted every year. Recent experiences, he continues, have shown that by increasing the fineness of the grinding, resistances of about 6400 lb per sq. in. are obtained after 7 days. Present grinding methods now permit delivery of blast furnace slag cement of the class 250-315. He points out the superiority of high-slag-content cement concerning the dissolution by fresh water, the attack from sulphated and sea water, the effect of frost and its low hardening heat, the unctuousness of the fresh concrete and the impermeability of the hardened mixture. Finally an examination is made of the economics of the use of this material.

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*

## AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Je n'ai pas à vous présenter M. Mary, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, constructeur de barrages. Il dirige la région d'équipement hydraulique du Massif central d'E.D.F.

M. Mary est observateur et il a reconnu tous les inconvénients que présentent les liants habituels dans les régions hercyniennes. Vous connaissez les incidents qui ont été ceux de la Bretagne, ceux du Massif central où les eaux sont très pures et, par conséquent, dissolvent la chaux ; le ciment doit donc, dans ces régions, obéir à certaines caractéristiques. M. Mary a étudié le problème et c'est sous sa direction que s'est fait le barrage de Bort où a été employé directement le liant broyé humide. M. Mary est donc un homme parfaitement au courant de cette question si difficile de l'utilisation des liants.

## EXPOSÉ DE M. M. MARY

Dans un exposé que j'ai fait le 4 mai 1951 (¹), j'ai donné des indications sur la préparation du ciment utilisé pour la construction du barrage de Bort.

Après avoir rappelé brièvement quelques-unes des propriétés du ciment de laitier à fine mouture, j'ai décrit les installations de broyage par voie humide, qui ont constitué une des principales originalités de ce chantier. J'ai montré combien il était facile d'obtenir, en réglant la finesse de mouture, un liant extrêmement régulier de la classe 250/315.

Je me propose aujourd'hui de vous faire part de quelques réflexions qui se sont peu à peu cristallisées dans mon esprit,

avec le recul du temps, et de vous soumettre mes idées actuelles sur les moyens qu'on pourrait employer pour étendre l'emploi des laitiers granulés de hauts fourneaux.

Il est bien possible que ces idées ne soient pas unanimement partagées. Je souhaite vivement qu'une large discussion s'établisse à la fin de mon exposé. Pour lui donner toute l'ampleur désirable, je me propose de n'utiliser que partiellement pour l'exposé préliminaire le temps qui m'est accordé, me réservant d'expliciter au cours de la discussion certains points qui auraient pu apparaître obscurs ou mériter des développements.

## POSITION GÉNÉRALE DU PROBLÈME

En 1954, la production de ciments de toutes catégories s'est élevée en France à 9 370 000 t. Dans ce tonnage, on a incorporé 1 810 000 t de laitiers de hauts fourneaux.

Cette incorporation est faite dans les proportions les plus diverses, car on peut mélanger le laitier au ciment artificiel en proportion quelconque. C'est ainsi que le ciment artificiel C P B contient au plus 10 % de laitier, le ciment de fer 30 %, le ciment métallurgique mixte 50 %, le ciment de hauts fourneaux 70 % et le ciment de laitier jusqu'à 85 et 90 %.

Or, la quantité de laitier susceptible d'être granulé pour être utilisable en cimenterie est beaucoup plus importante et il ne semble pas abusif de chiffrer à 2 ou 3 millions de tonnes au moins la quantité de ce produit qui est mise chaque année au remblai.

Il semble bien qu'il y ait d'excellentes raisons pour essayer d'utiliser cette matière perdue qui, comme nous allons le voir, ne doit pas être considérée comme un produit de remplacement de deuxième qualité, mais au contraire comme une matière particulièrement riche.

Notre pays a-t-il le droit de laisser perdre cette richesse, et même de payer pour la mettre au remblai ? Telle est la question que je voudrais évoquer devant vous.

En somme, lorsque j'ai construit le barrage de Bort, je me suis placé sur le plan de l'intérêt technique et financier d'un utilisateur particulier. Aujourd'hui, je voudrais éléver le débat en me placant à la fois sur le terrain de l'intérêt des constructeurs et sur le terrain de l'intérêt général.

## QUALITÉS TECHNIQUES DES CIMENTS DE LAITIER

Dans l'esprit de beaucoup d'utilisateurs, le ciment de laitier est considéré comme un produit de deuxième ordre. Pour certains d'entre eux, cet ostracisme s'applique même au ciment C P B qui contient seulement 10 % de laitier, alors que, si la marque C P B ne devait pas obligatoirement figurer sur les sacs pour distinguer ce ciment du ciment artificiel pur dénommé C P A, bien habile serait celui qui pourrait les distinguer.

Pourquoi cette décoite ? Pourquoi entend-on si souvent dire que si le ciment de laitier est acceptable pour des travaux de gros béton en fondation, il n'est pas question de l'utiliser

pour les ouvrages minces en élévation, tels que les ossatures en béton armé ?

Il y a évidemment une raison, et cette raison est bien simple : c'est que, en général, on trouve sur le marché des ciments de laitier dont la finesse de mouture a été insuffisamment poussée et, de ce fait, la résistance mécanique est plus faible que celle des ciments artificiels normaux. Ils sont en général de la classe 160/250, alors que les utilisateurs demandent du 250/315. Pour atteindre cette dernière résistance, avec une mouture normale, on peut incorporer 10 à 30 % de laitier, c'est-à-dire obtenir du C P B ou du ciment Portland de fer, mais on ne peut guère aller plus loin.

Mais le jour où on s'est rendu compte qu'on pouvait obtenir des résistances bien plus élevées, simplement en poussant la finesse de mouture, on a créé véritablement un liant nouveau,

(¹) M. MARY. Préparation du ciment de laitier par voie humide. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, juillet-août 1951 — Liants hydrauliques n° 8.

susceptible de recevoir les mêmes emplois que le meilleur ciment artificiel, et présentant en outre des avantages techniques importants dont je parlerai tout à l'heure.

Dans des essais récents effectués à l'occasion de la mise en service d'une installation nouvelle, on a pu sans difficulté obtenir un ciment à très forte teneur en laitier ayant à sept jours une résistance de près de 450 kg/cm<sup>2</sup> uniquement en poussant la finesse de mouture. Le but poursuivi était naturellement dépassé et le réglage du broyeur a été ensuite fixé de manière à obtenir à sept jours environ 300 kg/cm<sup>2</sup>. Le réglage est extrêmement simple et sûr, car la résistance à sept jours est une fonction directe de la finesse.

Dans mon exposé de 1951, j'ai indiqué qu'en 1945, les moyens de broyage dont disposaient les cimenteries spécialisées dans la fabrication du ciment de laitier n'étaient pas suffisants pour qu'on puisse m'offrir pour le barrage de Bort du ciment de laitier à fine mouture.

Et c'est pour cette raison que je me suis orienté vers un broyage par voie humide effectué sur le chantier lui-même.

Mais j'indiquais que, depuis cette époque, certaines cimenteries s'étaient équipées et vendaient du ciment de laitier surmoulu de la classe 250/315. J'avais posé à ces fabricants le problème du bétonnage des revêtements des galeries souterraines en terrain granitique. Il fallait exclure le ciment artificiel qui, contenant après la prise 30 % de chaux soluble, est soumis au contact des eaux pures à une dissolution rapide. Le ciment de laitier ordinaire a un durcissement lent, ce qui immobilise trop longtemps les coffrages. Avec le ciment de laitier à fine mouture, on a pu décoffrer la galerie sans aucun inconvénient seize à dix-huit heures après le bétonnage.

Il n'y a aucune difficulté technique à pousser le broyage du laitier aussi loin qu'on le désire. En supposant qu'il soit intéressant de pousser la finesse de mouture du ciment artificiel, on serait limité par le collage des grains. Avec le laitier, aucun phénomène de ce genre ne se produit. On peut descendre la courbe granulométrique aussi loin qu'on le désire. C'est uniquement une question de dépense en énergie et j'en parlerai tout à l'heure.

J'ai parlé jusqu'ici uniquement de la résistance à sept jours. Aux âges plus avancés, vingt-huit jours, quatre-vingt-dix jours, un an et au-delà, les réactions chimiques se poursuivent, et elles se poursuivent même plus longtemps qu'avec le ciment artificiel. Un bon départ n'est pas racheté, comme on pourrait le craindre, par un aplatissement exagéré de la courbe de durcissement. Des carottes de béton extraites du barrage de Bort ont donné, à trois ans, des résistances comprises entre 400 et 500 kg/cm<sup>2</sup>, avec un dosage compris entre 225 et 275 kg de liant par mètre cube en œuvre.

\*\*\*

La résistance mécanique n'est pas la seule qualité d'un ciment; l'ingénieur doit chercher à construire des ouvrages durables, à l'abri de l'attaque par les agents extérieurs. Les ouvrages doivent résister à la dissolution par les eaux pures, à l'attaque chimique par les eaux sulfatées ou l'eau de mer, à l'action du gel. Dans tous ces domaines, le ciment à forte teneur en laitier a une supériorité très marquée sur le ciment artificiel. Cette supériorité est due à la constitution du liant hydraté, et elle doit être attribuée à l'absence de chaux soluble. Les silicates et aluminates sont les mêmes dans les deux cas, mais le ciment artificiel présente l'inconvénient grave de contenir, après hydration, 30 % de chaux.

Dans le cas des eaux pures, comme il n'est pas toujours très facile de réaliser des ouvrages absolument imperméables, les filtrations dissolvent la chaux et appauvissent le mortier jusqu'à le réduire à l'état de sable. C'est ce qui se produit fréquemment dans le revêtement des galeries souterraines, où

les techniques de mise en œuvre du béton laissent bien souvent à désirer; en particulier, on ne peut pas se déclarer très satisfait par le bétonnage au Johny. On voit donc ces revêtements se garnir très vite de concrétiions calcaires au détriment du ciment et les ouvrages périssent vite. Avec le ciment de laitier, le processus de destruction est infinité plus lent.

Dans le Massif Central, il arrive d'ailleurs bien souvent que les eaux soient même acides, par exemple pour avoir traversé des tourbières avant de circuler dans les diaclases de la roche. Je connais des régions où le pH des eaux souterraines tombe aux environs de 5. Dans ces conditions, la décomposition du ciment artificiel progresse à une allure impossible à accepter.

\*\*\*

Si nous passons au cas des eaux séléniteuses et de l'eau de mer, les constatations sont les mêmes. Le fait a d'ailleurs été reconnu depuis longtemps par les Commissions officielles, qui classent, sans essais de longue durée, les ciments à haute teneur en laitier parmi les liants aptes à être utilisés pour les travaux à la mer.

Vis-à-vis de l'action chimique des sulfates, il y a d'ailleurs le plus grand intérêt à incorporer du gypse dans le ciment de laitier. Les sulfates détruisent le ciment par formation de sulfoaluminate de chaux, ou sel de Candlot, qui gonfle lorsque la réaction se produit sans dissolution préalable des constituants, et qui se comporte au contraire d'une manière parfaitement correcte lorsque la réaction se fait avec dissolution préalable des constituants. En additionnant le ciment de laitier de sulfate de chaux, la formation du sulfoaluminate se fait pendant la prise dans des conditions convenables et le sulfate au contact duquel le liant se trouve ultérieurement placé ne peut plus faire de mal, puisque les réactions sont déjà terminées. On fabrique ainsi très aisément des ciments qui résistent à l'essai Anstett.

De plus, vis-à-vis des intempéries, gel et dégel, nous avons très récemment montré que les ciments de laitier se comportent beaucoup mieux que les ciments artificiels. Cette affirmation pourra avoir l'apparence d'un paradoxe pour les ingénieurs qui pensent à l'action défavorable des basses températures sur le ciment de laitier pendant les premières heures de la prise. Mais je ne veux pas parler pour le moment de ce phénomène sur lequel je reviendrai tout à l'heure. Je veux parler de la résistance au gel de bétons qui sont soumis à l'action du froid lorsqu'ils ont atteint une fraction suffisante de leur résistance finale, c'est-à-dire pratiquement au bout de vingt-huit jours. Je viens de présenter un rapport sur cette question au Congrès International des Grands Barrages, avec mon collaborateur et ami M. Chapelle. M. Chapelle a émis une hypothèse qui paraît vraisemblable et que nos essais vont tenter de confirmer : les silicates et aluminates se présentent sous la forme de pelotes d'épingles fortement enchevêtrées. Au contraire, les particules de chaux du ciment artificiel se présentent sous forme lamellaire et on conçoit bien qu'un corps à structure feuilletée soit plus sensible au gel qu'un corps à structure fortement imbriquée. Quoi qu'il en soit, le fait est là et il semble incontestable. Aucun essai ne l'a encore démenti : les ciments qui ne contiennent pas de chaux après l'hydratation résistent bien mieux aux essais de gel et dégel alternés que ceux qui contiennent de la chaux. Si les essais de résistance au gel constituent une épreuve valable pour apprécier la pérennité des ouvrages soumis à l'action des intempéries, ce qui reste à prouver par une longue observation de la tenue des ouvrages conjointement avec les essais de laboratoire, l'emploi des ciments de laitier est un gage de longévité.

J'ajouterais enfin que le ciment de laitier a une chaleur de durcissement nettement plus faible que les ciments artificiels, et ceci intéresse au plus haut point les ingénieurs qui construisent de grosses masses, comme les barrages.

Toutes les qualités que je viens d'évoquer sont indépendantes de la finesse de mouture. Elles sont propres à la composition chimique et minéralogique des ciments de laitier.

Si, à ces qualités intrinsèques, on ajoute la finesse, on obtient, d'une part une augmentation de la résistance mécanique, comme je l'ai dit précédemment, et d'autre part deux propriétés extrêmement précieuses, l'onctuosité du béton frais et l'imperméabilité de la pâte durcie.

Les ciments à très fine mouture donnent des bétons gras, onctueux, faciles à mettre en œuvre.

D'autre part, j'ai montré dans des publications antérieures que l'imperméabilité de la pâte qui enrobe les agrégats dans le béton durci est pratiquement fonction presque uniquement de la finesse du ciment.

Un béton fabriqué avec du ciment à fine mouture sera donc un béton pratiquement étanche, puisque l'eau peut cheminer soit au travers de la pâte par les canaux capillaires, soit par les vides plus importants résultant de l'imperfection du bétonnage, tels que les nids de cailloux. Avec du ciment fin, l'onctuosité diminue la probabilité des défauts de mise en œuvre, et d'autre part, la pâte elle-même est imperméable. On gagne donc à coup sûr sur les deux tableaux.

\* \* \*

Voilà donc bien précisées les qualités des ciments à forte teneur en laitier et à fine mouture. Mon exposé serait incomplet et pourrait apparaître tendancieux, si je n'indiquais pas les inconvénients, d'ailleurs mineurs, qu'ils peuvent présenter en certains cas.

Il y en a un qui est incontestable, c'est celui qui a trait au bétonnage par temps froid. Lorsque la température est voisine de zéro degré, les ciments à forte teneur en laitier manifestent une paresse incontestable durant les premières heures de la prise. Il arrive même que la prise soit retardée de plus d'un jour. En soi, l'incident n'est généralement pas grave, car dès que la réaction est déclenchée, elle se poursuit normalement. En fait, il faut reconnaître que c'est un événement désagréable. On peut dire approximativement que la température minimum au-dessous de laquelle il est indiqué d'interrompre le bétonnage est plus haute de 5° pour le ciment de laitier que pour le ciment artificiel. Lorsqu'il est nécessaire de maintenir l'activité du chantier pendant ces périodes intermédiaires, il convient d'employer un ciment moins riche en laitier ou, si l'on veut, du ciment artificiel pur. Il n'y a aucun inconvénient à juxtaposer les deux natures de ciment dans un même ouvrage.

Un autre inconvénient réside dans le fait que, pendant les premières heures du durcissement, il est recommandé de maintenir le béton humide en arrosant les coffrages pour éviter la dessiccation et la tendance à fissuration qui pourrait éventuellement se manifester pendant cette période. Je dois ajouter d'ailleurs que l'arrosage est de bonne pratique quel que soit le ciment et que, d'autre part, des constructions en élévation en béton armé ont été réalisées avec du ciment de laitier à fine mouture sans arrosage et sans qu'aucune fissure ne se soit produite.

\* \* \*

Pour conclure, nous avons donc en mains une technique qui nous permet de disposer d'un liant ayant les caractéristiques mécaniques des meilleurs ciments artificiels, et qui présente en outre des qualités essentielles de résistance aux agents extérieurs que ne donnent pas ces derniers.

Je dois d'ailleurs ajouter pour en terminer avec cette revue des qualités techniques des ciments de laitier à fine mouture, que si j'ai particulièrement insisté sur la possibilité d'obtenir avec la plus grande aisance, des liants à haute résistance initiale, c'est pour entrer pleinement dans le jeu des dispositions psychologiques actuelles de l'immense majorité des utilisateurs, qui en sont venus peu à peu à juger la valeur d'un ciment exclusivement sur sa résistance à la compression et à limiter ce jugement à la résistance à sept jours et parfois même à deux jours. Il est certain que les constructeurs d'ossatures en béton armé en élévation sont intéressés par les possibilités de décoffrage rapide, mais les exigences naturelles de ces constructeurs se sont peu à peu étendues à tous les types d'ouvrages. Même lorsque les hautes résistances initiales ne sont d'aucune utilité, même lorsqu'elles sont nuisibles, la clientèle porte son choix sur les ciments qui durcissent le plus vite.

Bien que cette position soit souvent contestable, on est bien obligé d'en tenir compte. Il en résulte que, la clientèle étant à peu près insensible à l'annonce de qualités autres que la résistance à la compression à sept jours, et que, notamment, la recherche de longévité des ouvrages se soit anormalement estompée, les ciments à forte teneur en laitier ne sont employés que par quelques personnes particulièrement éclairées sur la question.

A partir du moment où, en poussant simplement la finesse de mouture, on peut donner entièrement satisfaction à la clientèle sur la question de la résistance initiale, il n'y a plus aucune raison de limiter l'emploi des laitiers.

Autrement dit, tant que les ciments à forte teneur en laitier n'étaient livrés qu'avec une mouture normale, il ne servait à peu près à rien de vanter les qualités de durabilité des ciments de laitier et leur résistance vis-à-vis des agents extérieurs. On vous répondait presque toujours :

*Ces ciments ne conviennent pas à mon chantier parce que leurs résistances sont trop faibles, et notamment leur résistance initiale.*

On peut dire maintenant :

*Prenez du ciment de laitier à très fine mouture. Vous aurez la résistance initiale qui vous convient, et vous aurez en outre toutes sortes d'autres qualités éminemment précieuses que vous avez négligées jusqu'à ce jour.*

\* \* \*

J'ai entendu aussi quelquefois une dernière objection qui consiste à dire que, lorsqu'on emploie des produits nouveaux, il ne faut le faire qu'avec de grandes précautions. On a vu assez souvent dans le passé un engouement pour une nouveauté, et ce n'est que plus tard que les inconvénients ont apparu. Je suis tout à fait d'accord sur ce conseil de prudence dans le cas général, mais dans le cas présent, il n'y a absolument pas lieu de s'inquiéter. Le produit dont je préconise l'emploi n'est pas un produit nouveau ; il a fait ses preuves depuis plus de cinquante ans. La seule nouveauté est de moudre fin. Comme je l'ai dit précédemment, les seuls inconvénients qui puissent apparaître sont relatifs au retard de prise par temps froid et à la nécessité d'arroser le béton pendant quarante-huit heures. Les conséquences d'un retard de prise ou d'un défaut d'arrosage apparaissent immédiatement, si les circonstances sont rassemblées pour qu'elles apparaissent. Passés ces deux premiers jours, il n'y a absolument plus rien à craindre, et il y a au contraire une certitude que l'ouvrage se comportera beaucoup mieux par la suite.

## POSITION ÉCONOMIQUE DU PROBLÈME

Il ne suffit pas de proposer à la clientèle un produit technique-ment excellent ; il faut le lui proposer à un prix qui l'intéresse. Il n'est pas douteux que, dans la plupart des cas, l'utilisateur aura satisfaction avec le ciment artificiel. L'extension de l'emploi des laitiers ne se fera donc que s'il peut trouver, parallèlement au ciment artificiel, un ciment de laitier à fine mouture à un prix inférieur. Les considérations techniques que j'ai développées justifieraient amplement une plus value, mais il ne faut pas compter sur un succès quelconque auprès de la clientèle si on veut l'engager dans une dépense supplémentaire, tout au moins dans la période de propagande. Les constructeurs ne sont pas assez portés à penser à la qualité que leurs ouvrages conserveront dans vingt ans ou dans cinquante ans, pour qu'il soit permis de croire qu'ils paieront de bon gré une prime de longévité. C'est peut-être dommage, mais c'est ainsi, et il faut en tenir compte.

Je me propose donc maintenant d'analyser la question des prix comparés du ciment artificiel et du ciment de laitier à fine mouture.

J'examinerai successivement les trois points suivants :

1<sup>o</sup> Prix de revient en cimenterie.

2<sup>o</sup> Situation résultant du fait que les laitiers se trouvent principalement dans le bassin lorrain et dans le nord de la France, alors que les cimenteries fabriquant du ciment artificiel sont réparties sur toute la surface du territoire ;

3<sup>o</sup> Situation résultant d'un grand nombre d'éléments tout à fait arbitraires portant tant sur le prix de vente des divers ciments au départ des cimenteries que sur le prix de transport des divers produits.

1<sup>o</sup> Prix de revient en cimenterie.

Je vais d'abord analyser les éléments du prix de revient du ciment de laitier à fine mouture supposé fabriqué au voisinage des hauts fourneaux, comparés avec les éléments du prix de revient du ciment artificiel.

Les postes principaux sont les suivants :

- les amortissements industriels,
- la main-d'œuvre,
- la consommation de charbon,
- la consommation d'énergie électrique.

a) **Amortissements** — Les investissements nécessaires pour créer une cimenterie de ciment artificiel s'élèvent à environ 1 milliard 1/2 à 2 milliards pour une production annuelle de 100 000 tonnes, soit 15 000 à 20 000 francs par tonne annuelle.

Pour créer de toutes pièces un atelier de broyage de laitier de même production, il suffit d'une somme de 200 à 250 millions, soit 2 000 à 2 500 francs par tonne annuelle, soit huit fois moins.

b) **Main-d'œuvre** — Pour produire une tonne de ciment artificiel, il faut environ trois heures ; pour produire une tonne de ciment laitier, il faut entre une heure et une heure et demie.

c) **Charbon** — Une tonne de ciment artificiel exige 300 kg de charbon. Pour une tonne de ciment de laitier, il n'y a que le séchage du laitier granulé qui consomme du charbon, soit 50 kg (ou l'équivalent en gaz de récupération).

d) **Énergie électrique** — La majeure partie de la consommation d'énergie est afférente au broyage. On a souvent

dit que le broyage du laitier exigeait beaucoup plus d'énergie que le broyage du ciment artificiel. J'ai pu me rendre compte que cette affirmation est fortement exagérée. C'est cette croyance injustifiée qui m'avait conduit à Bort à faire du broyage humide. A Bort, on a consommé 50 kWh/t. En broyage à sec, pour obtenir la même finesse, on ne dépasse pas 65 à 70 kWh et on peut descendre au-dessous moyennant quelques dispositifs simples récemment mis au point, mais sur lesquels je ne me reconnais pas comme autorisé à donner des indications sans la permission des auteurs de brevets. Même avec cette différence, si j'avais à installer de nouveau sur un chantier un atelier de broyage, je choisirais le procédé à sec, car l'emploi du ciment sec est tout de même plus commode que celui de la pâte.

On m'a objecté que la différence de consommation n'est pas le seul élément à prendre en compte pour la comparaison, et que les broyeurs, ayant un rendement plus faible, doivent être plus coûteux en broyage à sec qu'en broyage humide. C'est exact, mais j'en ai déjà tenu compte en donnant le montant des investissements.

Tous les chiffres que je viens de donner sont des ordres de grandeur. Je ne pense pas que, considérés comme tels, ils soient contestés, et ils me paraissent suffisamment éloquents par eux-mêmes pour se passer de commentaires. Je serais d'ailleurs reconnaissant aux spécialistes de les préciser et de m'aider à faire des comparaisons exactes. Il me semble que, sauf erreur de ma part, la différence du prix de revient doit excéder 2 000 francs par tonne compte tenu du prix de vente du laitier granulé qui est minime, et qui devrait même être négatif si on déduit les frais nécessaires à la mise au remblai des laitiers inutilisés. Ce chiffre de 2 000 francs devrait être majoré de la part proportionnelle des frais généraux.

2<sup>o</sup> Situation géographique.

Le prix de revient du ciment artificiel ne semble pas devoir présenter de très grandes différences d'une région à l'autre, tout au moins si l'on reste dans le domaine des ordres de grandeurs. Le prix de revient rendu chantier ne variera donc que dans la mesure où ce chantier se trouvera plus ou moins loin de la cimenterie la plus proche et les distances sont rarement très grandes.

Au contraire, le prix de revient rendu chantier du ciment de laitier est fortement influencé par la distance qui sépare ce chantier de la source de laitier, c'est-à-dire du nord ou de l'est de la France.

Je précise que je ne parle pas encore ici du prix de vente effectif, mais uniquement des éléments du prix de revient.

Cet examen des prix de revient m'amène à conclure que, si les éléments arbitraires de facturation dont je parlerai ensuite n'existaient pas, l'intérêt pécuniaire devrait être très élevé au voisinage des sources de laitier et décroître progressivement jusqu'à s'annuler à une distance que je crois pouvoir évaluer grossièrement à un millier de kilomètres. C'est-à-dire que tous les constructeurs français devraient pouvoir utiliser le ciment de laitier en faisant une économie tendant vers zéro dans le Midi.

3<sup>o</sup> Éléments divers influençant les prix de vente.

Mais tout ce que je viens de dire est beaucoup trop simple, et chaque fois que j'ai voulu résoudre un problème particulier, je me suis heurté à un dédale d'éléments arbitraires qui

ont considérablement compliqué le problème que j'avais à résoudre. Je n'aurai pas la prétention de les examiner tous, ils sont beaucoup trop nombreux, et je n'en citerai que quelques-uns.

a) Depuis la fin de la guerre, les fabricants de ciment artificiel n'ont pas cessé de se plaindre du blocage du prix du ciment. Ils ont fait valoir à juste titre que le prix autorisé jusqu'à ces derniers temps ne permettait pas de couvrir les amortissements d'une manière suffisante; il est bien certain qu'une cimenterie neuve avait du mal à vivre avec 20 000 francs par tonne annuelle d'investissements tant que ces investissements ne sont pas partiellement amortis par la dévaluation monétaire. Heureusement pour les cimenteries, le prix du ciment en sacs était à peu près satisfaisant. Autrement dit, ils faisaient des bénéfices importants sur la revente des sacs, qui compensaient l'insuffisance du prix du ciment. Que peut-on penser de l'illégisime d'une pareille situation, où un producteur perd sur le produit qu'il fabrique, pour gagner sur un autre produit, étranger à sa propre industrie, qu'il revend avec un bénéfice substantiel?

Un arrêté récent a rectifié dans une certaine mesure cette anomalie en rendant libre le prix du ciment en vrac. Ce prix a aussitôt augmenté; pour le ciment en sacs, dont le prix n'a pas changé, on peut dire que le contenu est maintenant vendu plus cher et l'emballage moins cher, ce qui est plus normal.

Mais il ne semble y avoir aucune raison valable pour que le prix du ciment de laitier suive la même ascension, puisque sa fabrication était d'ores et déjà rentable. Normalement, le rayon d'action du laitier devrait donc augmenter.

b) Lorsqu'on examine les barèmes des prix de vente des différents ciments dans les cinq zones entre lesquelles la France a été découpée, on constate que le rapport des prix de vente des ciments de laitier au prix de vente du ciment artificiel, départ usine, est partout le même. Ce rabais est d'environ 10% pour la qualité dont je parle aujourd'hui.

D'après ce que j'ai dit de la situation géographique des hauts-fourneaux, et des frais de transport qui en résultent, le prix de vente est très supérieur au prix de revient dans l'est, et la marge bénéficiaire est insuffisante dans le Midi.

Il est bien possible que cette unification des prix de vente ait des raisons valables, et je n'ai pas la prétention d'en discuter ici. Je ne fais que constater un fait pour montrer dans un instant qu'il pose des problèmes artificiels.

c) Je ne dirai qu'un mot des tarifs de transport pour souligner que les barèmes concernant le ciment d'une part, le laitier d'autre part, sont extrêmement complexes. J'ai cependant l'impression très nette que ces tarifs ont peu de rapport avec des prix de revient. Je dois d'ailleurs dire que les tarifs de transport du laitier sont nettement plus faibles que les tarifs de transport du ciment, et que ce fait est favorable au but que je poursuis d'augmenter le rayon d'action des laitiers. Je crois qu'il y a eu effectivement une intention de cette nature dans la détermination de ces tarifs, mais la suite de mon exposé montrera qu'il serait certainement souhaitable d'aller jusqu'au bout de cette idée en faisant payer moins cher le transport des ciments riches en laitier que le transport des ciments artificiels.

\* \* \*

A la lumière de ces différentes données, je voudrais maintenant essayer de montrer comment peut se poser un problème concret.

Supposons un client de bonne volonté chargé de construire un ouvrage d'une certaine importance, sans que ce soit nécessairement un très gros chantier. Ce client a compris l'intérêt technique de l'emploi du ciment laitier à fine mouture, mais il

ne donnera suite à son idée que si, en même temps que la qualité, il y trouve un intérêt pécuniaire.

Pour fixer les idées, je supposerai qu'il se trouve à 500 km d'une région de hauts-fourneaux où se trouve également une cimenterie spécialisée dans la fabrication du ciment de laitier, et qu'une cimenterie de ciment artificiel se trouve du côté opposé à 100 km, c'est-à-dire que cette cimenterie est à 600 km des hauts-fourneaux.

Une première solution qui s'offre à lui, la plus simple en apparence, consiste à acheter tout simplement du ciment de laitier à la cimenterie annexée à l'usine sidérurgique. Mais cette solution ne peut pas lui donner satisfaction en raison du taux de facturation du ciment. En effet, la différence de prix au départ des usines entre le ciment artificiel et le ciment de laitier, est de 10 % environ, mais le client doit supporter le prix du transport du ciment sur 500 km au lieu de 100 km. Rendu chantier, le ciment de laitier lui coûterait donc plus cher que le ciment artificiel. Cette conclusion serait inversée si la différence de facturation des deux ciments au départ correspondait à la différence des prix de revient, comme je l'ai signalé précédemment.

La livraison des ciments de laitier pourrait atteindre une clientèle élargie si le fournisseur prenait à sa charge une part des frais de transport; son bénéfice serait de plus en plus faible au fur et à mesure de l'éloignement des clients, mais il ne s'annulerait que pour une certaine distance, assez grande d'ailleurs puisque le prix de revient des fournitures supplémentaires ainsi effectuées aurait le caractère d'un prix marginal.

Une autre solution peut être envisagée : elle consiste à transporter le laitier granulé à la cimenterie de ciment artificiel pour y être broyé et mélangé, puis à transporter le ciment obtenu au chantier. Le vendeur est, dans cette hypothèse, le producteur de ciment artificiel; au départ de son usine, il doit vendre le ciment de laitier 10 % de moins environ que le ciment artificiel; la distance de transport des deux types de ciment étant la même, soit 100 km, le client bénéficie intégralement à l'arrivée de la différence de prix au départ de l'usine.

Le vendeur y trouve-t-il son compte? Je pense que oui, car le prix du transport du laitier sur une distance de 600 km ne me paraît pas annuler les économies de fabrication. Mais il faut reconnaître que son bénéfice n'est peut-être pas bien grand, et, s'il n'a pas la foi, il sera tenté de refuser cette fourniture.

Par rapport à la première solution, l'intérêt général est bien moins sauvégarde, puisqu'on transporte les produits sur 700 km au lieu de 500, mais c'est le transporteur qui paie la différence en facturant le transport du laitier moins cher que le transport du ciment. Au point de vue de l'intérêt du fournisseur et de l'intérêt général, il y aurait d'ailleurs lieu de sécher le laitier granulé au départ pour éviter de transporter 10 à 15 % d'eau.

Je voudrais ajouter que si, actuellement, l'opération n'est pas très bénéficiaire pour le fournisseur, elle aura tendance à le devenir de plus en plus en lui évitant dans les années futures des investissements coûteux nécessités par la rénovation du matériel ou l'augmentation de la capacité de production. En acceptant actuellement une opération blanche, il travaillerait à la propagande auprès des usagers et il serait certain d'en retirer plus tard un bénéfice croissant.

Si l'une ou l'autre des deux solutions envisagées ne peut pas être adoptée, le client, s'il est tenace, en trouvera une troisième consistant à installer à proximité de son chantier un atelier de broyage et de mélange. Il achètera directement du laitier granulé, de préférence séché et ayant peut-être même déjà subi avant l'expédition un broyage partiel ou total. Il achètera aussi le ciment artificiel d'appoint et les autres produits d'addition. Il fera le mélange dans la proportion qui lui conviendra et qui pourra varier d'ailleurs avec la saison. Il se sera ainsi soustrait aux règles arbitraires de facturation des ciments et il

aura réduit les frais de transport au minimum possible en utilisant au mieux les tarifs différenciés. En compensation, il subira les frais de l'installation de broyage et de mélange, mais dans le cas présent, l'opération sera rentable.

Personnellement, je ne souhaite pas que les clients se transforment en fabricants de ciment pour leur propre compte, et je suggère que les industriels dont c'est le métier se substituent à eux pour adopter cette troisième solution, si les deux premières ne leur paraissent pas viables.

L'installation de broyage créée pour l'occasion aurait d'ailleurs, dans la région où elle serait implantée, un caractère permanent. Le chantier qui aurait donné l'occasion de la créer n'aurait à supporter qu'une part des investissements et, par la suite, une clientèle apparaîtrait pour absorber la production.

J'ai tenté d'analyser la question sur un exemple pour bien vous faire sentir les obstacles qui se présentent dans la recherche d'une solution au problème de l'extension du rayon d'action des ciments de laitier.

## CONCLUSION

L'intérêt général exige que la France ne mette pas au remblai des produits riches. Il est regrettable que la consommation des laitiers ait diminué de 200 000 t entre 1953 et 1954, alors qu'elle aurait dû augmenter.

D'autre part, lorsque des investissements nouveaux seront nécessaires pour faire face à un accroissement de la demande, il serait regrettable que des dizaines de milliards soient dépensés, alors que des sommes huit fois plus faibles seraient suffisantes.

Il me paraît nécessaire d'amorcer sans plus tarder un infléchissement progressif de la production des liants dans le sens d'une augmentation de la consommation des laitiers.

L'intérêt technique concorde parfaitement avec l'intérêt économique, mais les garanties de longévité des ouvrages que procure le ciment de laitier à fine mouture sont mal connues ou mal appréciées. En attendant que les clients acceptent de payer plus cher un produit meilleur, il me paraît nécessaire de les intéresser péculiairement à son emploi. Je fais appel à l'Industrie du Ciment pour qu'elle participe dans ce sens à l'effort de propagande nécessaire, et pour qu'elle cherche des solutions applicables aux diverses régions de notre pays. Son concours est nécessaire, car on ne peut pas demander au client de se transformer en cimentier. Son intérêt concorde avec l'intérêt général, mais il est indispensable qu'elle accepte d'attendre les fruits de cette action pendant les quelques années qui sont nécessaires pour entraîner la conviction des ingénieurs, architectes et entrepreneurs encore hésitants.

## DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT. — La conférence de M. MARY porte à la fois sur un côté technique et sur un côté économique. Pour la clarté de la discussion, nous allons commencer, si vous le voulez, par le côté technique, et je donne la parole au premier de ces messieurs qui voudra bien la prendre. Je vois M. DURIEZ qui connaît bien le problème, il pourra nous dire des choses certainement d'un très grand intérêt.

M. DURIEZ. — Vous me prenez un peu au dépourvu car je ne pensais pas intervenir dans le débat. J'ai beaucoup apprécié ce que vient de dire M. MARY; je ne dis pas que je suis absolument d'accord avec lui sur tous les points, mais il est normal que deux techniciens aient des vues particulières qui ne soient pas toujours absolument identiques.

Certainement le ciment de laitier a de très grandes qualités au point de vue de la résistance chimique, parce que l'alumine ne s'y rencontre pas sous forme d'aluminate tricalcique.

J'ai eu un échange de lettres avec BOGUE, d'où il résulte que le ciment de laitier en général contient surtout de la gehlenite, mais aussi parfois un peu d'anorthite; que ces corps donnent avec le sulfate de calcium des composés cristallisés ternaires, le sel de Candlot, qu'on voit très bien au microscope électronique sous forme d'une multitude d'aiguilles enchevêtrées et qu'il ne faut pas confondre avec la forme pulvérulente expansive; ainsi que l'a fort bien dit d'ailleurs M. MARY, le sulfoaluminatate tricalcique hydraté se forme en effet à partir d'éléments solubilisés du fait qu'il n'y a pas de chaux demeurant en solution dans l'eau qui imprègne le ciment de laitier et c'est la raison pour laquelle le sel de Candlot cristallise : tout ceci est d'ailleurs classique depuis les exposés de M. le Professeur LAFUMA.

Maintenant, il y a quelques points qui restent en suspens dans mon esprit; la solution sera peut-être facilement donnée par M. MARY; c'est en particulier la question de la finesse des ciments.

On semble lutter actuellement contre l'accroissement de cette finesse : je dis tout de suite qu'à mon avis, il ne faut pas charger la finesse des ciments de tous les maux; ce serait peut-être une erreur, et en tous cas une rétrogradation, que de vouloir la limiter trop strictement. Je suis de l'avavis de M. MARY : l'accroissement de la finesse des ciments a constitué un progrès et je parle non seulement des ciments de laitiers, mais aussi des Portland; qu'on se souvienne qu'en Amérique les Portland sont produits avec de très fines moutures, et c'est une des conditions de l'imperméabilité des mortiers et des bétons.

Je crois qu'on a imputé à la finesse du ciment bien des mécomptes qui ne sont pas dus principalement à elle, par exemple la fissuration.

La fissuration n'est pas tellement imputable à la finesse des ciments. Sans doute la conduite des opérations pour obtenir cette finesse est-elle délicate à ce point de vue, car il faut un broyage plus poussé des clinkers, ce qui produit nécessairement une plus forte élévation de température : le sulfate de calcium, sous forme biphosphatée se transforme en sulfate hémihydraté, cause principale de la fausse prise. Et la fausse prise est génératrice de fissuration, car elle oblige l'utilisateur à accroître la quantité d'eau de gâchage pour obtenir une maniabilité correcte.

Ce que je ne vois pas très bien, c'est pourquoi la finesse dans les Portland serait préjudiciable alors qu'elle ne l'est pas dans les ciments à base de laitiers. C'est une question que je pose et à laquelle il pourra sans doute être répondu.

M. MARY. — Je pense que sur la question de finesse des laitiers et des ciments artificiels, M. LAFUMA a des idées personnelles ?

M. LAFUMA. — Monsieur le Président, M. MARY a fait appel tout à l'heure à la cimenterie. Ce n'est pas au nom de la cimenterie que je prendrai la parole; je voudrais simplement rappeler que notre Centre d'études, il y a plusieurs années, s'est beaucoup occupé de la question du développement de l'emploi des laitiers en cimenterie. Me limitant d'abord au côté technique, je rappellerai que la plupart des arguments qu'a donnés M. MARY avaient déjà été indiqués à cette époque. M. MARY va tout de même plus loin puisqu'il préconise l'emploi des ciments de laitier en fine mouture. Par conséquent, sur ce point, il y a un élément nouveau.

Je répondrai tout de suite à une question posée par M. DURIEZ, c'est que lorsqu'il s'agit de limiter les finesse, il s'agit uniquement du ciment Portland et je dirai même du ciment Portland 250/315, et ceci surtout pour éviter que ce ciment Portland 250/315 ne soit du ciment 315/400 ou même du ciment 355/500; et ce n'est pas du tout le même problème que dans le cas du laitier.

Néanmoins, sur le point particulier soulevé par M. MARY, et sans pouvoir apporter de choses précises sur les objections que je vais faire, je tiens à lui signaler le point suivant : il a beaucoup insisté sur la pérennité des ouvrages, et avec grande raison. Il résulte des études américaines sur le Portland, que le ciment Portland à mouture pas trop fine correspond à une pérennité meilleure que le ciment Portland à fine mouture. Ceci n'est pas mis en évidence par les essais de laboratoire, de gel et dégel tels qu'ils sont faits habituellement. Il est indispensable, pour avoir des essais de laboratoires représentant à peu près l'évolution pratique dans le temps, de faire précéder les cycles de gel et dégel d'une dessiccation des bétons. Si l'on confectionne le béton et qu'on le conserve humide, qu'on le soumette immédiatement aux essais de gel et dégel, le béton à ciment fin se comporte très bien dans l'essai de

laboratoire. Au contraire, si on fait précéder les cycles gel et dégel d'une dessication avant les essais, on constate que les ciments Portland à fine mouture se comportent beaucoup moins bien dans les essais de laboratoire. Ceci parce qu'on a pu amorcer la fissuration qui accompagne, quoi qu'en pense M. DURIEZ, une augmentation des finesse.

Je me demande si des essais systématiques ont été faits dans le même sens avec les ciments de laitiers à fine mouture.

Je dis bien que je n'apporte rien contre ce que vous venez de dire; je voulais simplement attirer l'attention sur ce point particulier. Sans cela, je dois dire que, sur l'ensemble de la communication de M. MARY, je suis tout à fait d'accord, sur le plan technique, les autres plans m'échappant à peu près complètement.

M. MARY. — J'ai pris la précaution de dire tout à l'heure qu'il restait à prouver qu'il y a une corrélation entre les essais de gel et dégel et la résistance effective des ouvrages aux intempéries. Je pense que ce n'est pas avant de nombreuses années d'observations que nous pourrons répondre à cette question.

Je dois constater cependant que le supplément de résistance aux gel et dégel des bétons exécutés avec du ciment de laitier, quelle que soit la finesse de mouture de ce ciment, par rapport aux bétons de ciment artificiel, a été constaté dans tous les laboratoires qui se sont occupés de cette question avec les méthodes les plus diverses; les méthodes d'essai au gel ne sont pas standardisées, il y a autant de techniques que de laboratoires. Il y en a qui font sécher, d'autres qui ne font pas sécher les éprouvettes; dans tous les essais que je connais, on n'a pas trouvé de différence, pour les ciments de laitier entre les ciments à fine ou à grosse mouture, mais on en a constaté de grandes entre les ciments de laitier et les ciments artificiels. Il est bien entendu nécessaire de multiplier ces essais et de leur donner un caractère statistique pour transformer ce résultat provisoire en certitude.

M. LE COUR GRANDMAISON. — Je me permettrai de faire observer à M. MARY que, malgré toute son affabilité, il a été extrêmement dur pour les fabricants de ciments artificiels. Voilà plus de cent ans, depuis VICAT, que les fabricants de ciments artificiels, pour satisfaire à la demande des spécialistes, s'efforcent de créer un produit répondant de plus en plus, et d'une façon de plus en plus précise, aux desiderata. Ces desiderata se sont présentés, d'une façon très générale, comme une demande d'augmentation des résistances. Cette exigence s'accompagnait aussi de question de stabilité du ciment, du durcissement rapide, etc... et elle a amené tous les laboratoires du monde entier à étudier à fond le ciment artificiel.

Nous sommes arrivés, aujourd'hui, à un point où le ciment artificiel est un produit parfaitement connu dans ses constituants, parfaitement élaboré par les fabricants, à une précision qui ne dépend plus que de la précision même des analyses de contrôle des laboratoires, qui est parfaitement codifié par des normes, des Cahiers des charges et, aujourd'hui, on voudrait substituer à ce ciment artificiel, un sous-produit dont nous ne savons pas très bien ce qu'il contient, dont nous savons seulement que sa composition varie dans une zone de dispersion qui est de l'ordre de 40 à 50 %, dont nous savons que les propriétés dépendent d'un traitement thermique qui est plus ou moins bien fait dans certaines usines, et dont les critères de qualité n'ont, jusqu'ici, pu être fixés.

C'est ce produit qui serait doué de toutes les propriétés miraculeuses que le ciment artificiel, mis au point si minutieusement, n'aurait pu obtenir. C'est assez décevant! C'est la faillite de la science. J'appartiens à un milieu d'ingénieurs où nous sommes habitués à plus de précision. C'est le triomphe de l'empirisme. Nous avons des produits qu'on appelle des laitiers, qui sont des produits empiriques, qui n'intéressent absolument pas le sidérurgiste, sinon dans la mesure où le lit de fusion lui permet d'obtenir certaines fontes dont il a besoin.

Le lit de fusion est fait uniquement en fonction de la fonte, et pas du tout en fonction de l'utilisateur de ciment qui est considéré par les sidérurgistes comme un parent pauvre auquel on ne donne,

d'ailleurs, qu'une très faible partie des laitiers qui pourraient être valorisés.

Est-ce que, vraiment, il y a faillite?

Est-ce que la clientèle des ciments artificiels, qui est constituée d'ingénieurs, d'entrepreneurs, de maçons qui emploient le ciment depuis des années, nous a amenés à faire un ciment avec des qualités particulières parfaitement précises?

Est-ce qu'il y a une faillite de la clientèle? C'est possible, après tout. Alors, le fabricant de ciment conscient se prend la tête entre ses deux mains et pour s'assurer de la durabilité, comme on dit maintenant — c'est un mot que je n'aime pas beaucoup — des ciments, il pénètre dans ces caves que possèdent certains fabricants et où, depuis plus de cinquante ans, ils soumettent à des essais de décomposition tous les produits qu'on a pu mettre sur le marché, depuis les ciments naturels, les ciments de grappier, les chaux hydrauliques, les ciments pouzzolaniques, etc... Il a l'horreur de constater qu'au bout de cinquante ans rien n'existe plus, sauf, de temps en temps, un élément qui appartient aussi bien au ciment de grappier qu'au ciment pouzzolanique, au ciment de laitier, au ciment artificiel.

Au fond, on pourrait mettre sur la porte de ces caves d'essai, la devise « Memento quia pulvis es et in pulverem reverteris ».

Le fabricant pense alors : « Mon laboratoire travaille mal; je vais m'adresser aux techniciens ».

Il dépouille toute la bibliographie, il s'adresse à Pierre et à Paul, à l'Amérique, à la Suède, à l'Allemagne, à l'Italie. Au bout de six mois de consultations, il ne sait plus à quel saint se vouer et, finalement, il pense que la raison est de satisfaire la clientèle qui lui dit, tantôt : « Je veux faire un barrage en voûtes minces »; tantôt : « je veux faire du béton précontraint », ou plus prosaïquement : « je veux faire une auge pour ma vache ».

Il lui donne donc des ciments qui peuvent être employés par n'importe qui, n'importe où, n'importe quand et presque n'importe comment pour n'importe quoi, avec une régularité quasi parfaite.

Je crois que c'est tout de même une certaine réussite.

D'autre part, vous paraissiez supposer, me semble-t-il, que les fabricants de laitiers ou d'artificiels poursuivaient je ne sais quelle politique tendant à pousser plutôt tel ou tel produit. Je ne le crois pas. C'est toujours le plébiscite de la clientèle qui joue. Il est très caractéristique qu'en Allemagne même, qui a été la grande protagoniste des ciments laitiers, le pourcentage du laitier, par rapport à la production totale, est en baisse, pas rapide, mais en baisse continue. Cependant, les Allemands connaissent très bien les ciments de laitier. Ils ont une association des ciments de laitier qui a fait une propagande inouïe.

Dans l'est de la France, on constate que le pourcentage des laitiers tend à diminuer. Cependant, la clientèle de l'est connaît parfaitement les produits à base de laitiers. Elle connaît même les Super au laitier, ciments à très fine mouture et, malgré cela, le pourcentage de ciments laitiers que la clientèle demande va en diminuant, à tel point que, dans les usines de sidérurgie, auprès des hauts fourneaux, on voit s'installer des fours rotatifs pour faire le clincker dont la demande est croissante.

Est-ce que la clientèle se trompe?

Cette clientèle, on le sait, est constituée d'ingénieurs compétents, de grandes administrations, de grosses sociétés, d'entreprises et du client moyen.

Penser que cette clientèle n'aurait pas su reconnaître les qualités exceptionnelles du laitier paraît assez improbable.

Pour conclure, je crois que c'est un sujet extrêmement complexe, que votre conférence — je m'excuse — a présenté d'une façon un peu trop géométrique qui tendrait à faire dire : « La solution définitive est là ».

Je ne crois pas qu'il y ait une solution universelle.

Il me semble que si le ciment de laitier doit conserver ses emplois spéciaux représentant de l'ordre de 25 ou 30 % du total des ciments (c'est la moyenne qu'on observe maintenant), il ne peut, jusqu'à nouvelle information, prétendre remplacer l'artificiel.

Dans certaines périodes de pénurie où les ciments artificiels font défaut, on voit la clientèle demander le ciment de laitier et, en 1949, par exemple, on est arrivé à demander jusqu'à près de 50 % de ciments de laitier. Mais, depuis, la demande est retombée à 25 %.

En conséquence, je crois, si vous voulez, et si vous l'acceptez, qu'il faut que nous travaillions ensemble, fabricants (qui nous posons tout le temps des cas de conscience : « Que devons-nous faire ? ») avec les utilisateurs et les laboratoires.

Devons-nous faire des ciments pouzzolaniques, des ciments artificiels à fine mouture, de grosses résistances ?

La fine mouture, vous avez entendu les spécialistes... Que faire ?

La conclusion, c'est qu'il faut qu'à la faveur de cet échange de vues, nous collaborions intimement pour tâcher de débrouiller, dans le fatras des observations de laboratoire, ce qui est systématique, ce qui est accidentel, et sur des bases sûres, tirer les conclusions nécessaires.

M. MARY. — Précisément, le but de cette conférence est de poser un problème.

J'ai voulu le poser de manière qu'une collaboration s'institute entre toutes les personnes qui s'y intéressent. Je vois d'ailleurs que je me suis très mal expliqué si vous avez pu croire que je disais du mal du ciment artificiel. Il n'a jamais été dans ma pensée de dire qu'on ne pouvait pas faire des ouvrages excellents en ciment artificiel. J'ai signalé simplement qu'avec les ciments de laitier à fine mouture, on pouvait obtenir des résultats semblables et pour certains usages, meilleurs. Mais, quand vous dites que la clientèle a voulu du ciment de laitier après la guerre, puis n'en a plus voulu, c'est qu'il ne s'agissait pas de ciment à fine mouture mais de ciment à mouture normale, qui n'avait pas les résistances mécaniques suffisantes recherchées par la clientèle de ce produit.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous venons d'entendre les représentations des laboratoires et de la cimenterie. Je vois avec plaisir un représentant de l'entreprise; M. BRICE vous avez la parole.

M. BRICE. — Je ne prendrai pas parti entre les deux ciments, je ne suis pas spécialiste de la question, je parlerai tout au plus comme utilisateur des ciments. Il est certain, comme l'a dit tout à l'heure M. MARY, que les utilisateurs ont certainement orienté les producteurs vers l'augmentation de la résistance des ciments. Je suis convaincu que les utilisateurs ne sont pas toujours parfaitement orientés en ce qui concerne les qualités à demander au ciment.

Depuis environ vingt-cinq ans, j'ai vu, pour ma part, comme d'ailleurs tous mes confrères, augmenter régulièrement la résistance des ciments. Nous avons tous demandé des ciments de plus en plus résistants parce qu'au bout de la note de calcul il y a la contrainte admissible et on a intérêt à avoir la contrainte admissible la plus grande pour mettre le moins de béton et le moins de ciment possible. C'est simple. De plus, l'augmentation de la résistance dès les premiers jours permet des décrofages rapides, on ajoute donc tous les avantages.

Mais, par contre, il est indéniable que simultanément nous avons constaté entre l'avant-guerre et l'après-guerre une augmentation du retrait dû à je ne sais quelle cause, mais indiscutable. En conséquence, nous avons, depuis vingt ans, constaté une augmentation de fissurations dans les bétons qui ont des conséquences aussi variées que désagréables, depuis les fissurations verticales des poutres jusqu'aux fissurations des façades, toutes choses qui, généralement, sans être de très grande importance, sont souvent très gênantes parce que les maîtres de l'œuvre et les architectes n'aiment pas les fissures.

Je suis absolument convaincu que si l'on pouvait analyser avec précision la cause des incidents qu'on a constatés, on utiliserait

bien plus rationnellement les ciments. Par exemple, je considère que c'est une grave erreur de faire de la maçonnerie avec de très bons ciments. Il y a toujours du retrait dans les mortiers. Les bâtiments subissent des variations de température, des tassements, toutes sortes de mouvements plus ou moins prévus. Si le mortier est excellent, la fissure passe en coup de sabre à travers tout le mur et on voit sur une grande longueur une jolie fissure. Si, au contraire, on fait une construction avec un mortier médiocre, un mortier de chaux ou un mortier bâtarde, ce sont tous les joints qui céderont, on ne voit rien car la fissure unique est remplacée par une infinité de petits mouvements dans les joints.

Je crois que, pour les constructions en béton armé et les autres ouvrages, il doit y avoir un heureux compromis entre la résistance et le retrait. Une meilleure connaissance des qualités des liants devrait nous permettre d'en utiliser au mieux les différentes qualités selon l'ouvrage que nous voulons réaliser.

Je crois qu'en réalité, actuellement, la grosse difficulté est de faire comprendre le problème à l'énorme majorité des utilisateurs qui n'étant pas des techniciens comme notre conférencier, se contentent de répéter les conditions des Cahiers des charges et imposent des caractéristiques qui sont inutiles et même quelquefois nuisibles.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous remercions M. BRICE qui a posé le problème dans sa généralité. Il est un fait certain, c'est que l'augmentation des résistances a entraîné des destructions d'ouvrages parce que l'augmentation des résistances des ciments a permis une diminution de dosage. L'entrepreneur a cru pouvoir profiter intégralement de la diminution de dosage correspondante. Il en est résulté des bétons poreux qui, par conséquent, pouvaient être soumis à des dissolutions beaucoup plus rapides que si les dosages avaient été normaux. L'apparition, par exemple, des superciments, il y a une trentaine d'années, a causé immédiatement des accidents de cet ordre. Le dosage minimum, pour arriver à une étanchéité, est d'au moins 350 kg avec la plupart des agrégats français. On est descendu à 250 et 300 kg par mètre cube de béton en place, c'est-à-dire à des dosages insuffisants pour éviter l'attaque par les agents extérieurs. Le fabricant de ciment n'y était pour rien et l'entrepreneur non responsable, faute de données connues. Il n'en serait pas de même aujourd'hui.

M. SUQUET. — On nous a dit que les différentes catégories de ciment ont toutes de grands défauts au point de vue de leur pérennité. C'est du moins ce que j'ai cru comprendre. Mais, ayant employé dans mon existence, déjà très longue, des quantités de ciments Portland et des quantités de ciments de laitier, je puis dire que, ayant été frappé dès 1907 — ce n'est pas d'hier — d'un phénomène qui alors paraissait absolument nouveau, c'est-à-dire la décomposition des ciments par les eaux séléniteuses, et cela dans les travaux du métropolitain, dans toute une partie de Paris où les eaux séléniteuses sont extrêmement dangereuses, puisque non seulement saturées de sulfate de chaux, mais contenant encore du sulfate de magnésie dans les terrains où les ciments Portland se décomposaient avec une rapidité stupéfiante, nous avons employé du ciment de laitier, de l'humble ciment de laitier à la chaux qui, encore à l'heure actuelle, se présente dans des conditions remarquables, avec sa belle teinte verte, et sans aucune trace de décomposition.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous remercions M. SUQUET de ce témoignage. Nous avons certainement des zones dans lesquelles le ciment Portland doit être employé avec beaucoup de précaution, ce sont les zones des régions où il y a des eaux séléniteuses et, malheureusement, elles sont nombreuses aujourd'hui, parce que, pour la reconstruction, les remblais ont été faits nécessairement avec les destructions des maisons, par conséquent avec les plâtres des cloisons et les fondations doivent tenir compte de ce fait. En ce qui concerne, au contraire, l'élévation des immeubles il n'y a pas de difficultés à l'emploi des divers ciments.

Nous retiendrons également l'action des terrains granitiques. L'histoire des eaux de Rennes est bien connue. La première expertise demandait à l'entrepreneur la reconstruction complète de la canalisation étant donné qu'il n'aurait pas mis en œuvre le

dosage de ciment prévu. Heureusement pour lui, une analyse faite par des experts très compétents, a pu montrer que le ciment avait presque complètement disparu par suite de la dissolution des eaux pures.

Dans de telles conditions, les ciments spéciaux s'imposent.

M. VALLETTE. — Je voudrais soulever la question de l'aspect des bétons de laitier courant (C. L. K.) en élévation. Je n'ai aucune prévention contre le laitier, au contraire, il nous a toujours donné à la S. N. C. F. tout à fait satisfaction, même dans le béton armé (mur armé de Nantes en gros béton à 175 kg de laitier), et je suivrais volontiers M. MARY au point de vue technique; mais dans certains cas (par exemple murs de soutènement entre Versailles-Chantiers et Versailles-Matelot, en béton de laitier commun) il est apparu en surface une laitance qui a rouillé ensuite. Aussi, nos notices techniques, en recommandant son emploi pour toutes constructions courantes, avec les précautions habituelles pour le froid et la dessiccation, prescrivaient de ne l'utiliser en élévation que si l'aspect n'était pas en cause.

Cette unique réserve doit-elle toujours être faite?

M. MARY. — Je crois qu'il existe actuellement des immeubles en construction, avec emploi du ciment de laitier en élévation. Peut-être pourrait-on rassembler quelques renseignements utiles sur ce point. Pour ma part, je n'ai jamais observé de différence d'aspect.

M. VALLETTE. — C'était du laitier à 85 %.

M. MARY. — Je parle aussi de laitier à 85 %; en général, la coupe est bleue ou verte, mais la surface est du même blanc gris que lorsqu'on emploie le ciment artificiel.

M. VALLETTE. — La surface est blanche, bien entendu, mais nous avons eu une laitance qui a rouillé à l'air.

M. DE LANGAVANT. — Je pense qu'il ne s'agissait pas d'une production de *rouille* véritable provoquée par l'oxydation des armatures, mais seulement de phénomènes superficiels consistant dans l'apparition sur les dalles de taches rouillées.

De tels incidents sont rares et paraissent dus à l'oxydation à l'air de sels ferreux dissous par les eaux qui traversent le béton. Pour ma part, j'ai eu connaissance d'un incident analogue sur des dalles de revêtement de berges de basse Seine.

Quelques années avant la guerre, un ingénieur des ports maritimes ayant exécuté un travail important de revêtement de berges en basse Seine, par coulée sur place de dalles en béton de laitier, a été désagréablement impressionné par les différences de teinte de l'ouvrage.

Dans l'ensemble, le béton avait la coloration habituelle gris bleuâtre très clair, mais en certains points le béton avait pris au séchage une teinte ocre, ce qui donnait à l'ouvrage un aspect déplorable.

Je n'ai jamais eu l'occasion, pour ma part, au cours de très nombreuses visites de chantier d'observer sur un ouvrage en ciment de laitier de taches bien nettes de *couleur rouille*; en revanche, en diverses occasions, j'ai observé des bétons dont la coloration tirait sur le jaune ocre au lieu de tirer sur le gris bleuté habituel.

Ce changement de coloration présente en général peu d'inconvénients. D'une part, parce que les ciments à forte dose de laitier sont rarement utilisés en façade, d'autre part en raison du fait que la coloration jaune clair n'est pas en soi plus désagréable que la coloration bleu clair habituelle ou que la coloration gris terne de la plupart des ciments Portland. Cela ne présente d'inconvénient que si, au cours d'un ouvrage très important, la coloration varie d'un point à un autre.

La coloration ocre est due à la précipitation à la surface du béton d'oxyde ferrique. Ces sels ferriques peuvent provenir du terrain lui-même et avoir été apportés à la surface des dalles par les eaux qui ont traversé un béton insuffisamment compact. C'est probablement ce qui se passe dans tous les cas où les taches de rouille sont

très nettes et très localisées, et des taches semblables se seraient produites, de même, en cas d'emploi d'un béton de Portland à dosage insuffisant.

La diffusion de sels ferriques provenant du laitier lui-même est très improbable car  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  naissant mis en liberté lors de la réaction du laitier serait passé instantanément à l'état de ferrate de chaux hydraté insoluble.

Au contraire, la diffusion à travers le béton de sels ferreux : chlorures, sulfates, se transformant en sels ferriques, puis en oxyde ferrique, au contact de l'air, est possible, mais elle ne l'est que si l'ion fer mis en liberté par la dissolution du laitier ne trouve pas, dans le milieu, une quantité d'ions soufre suffisante pour se transformer en sulfure de fer,  $\text{FeS}$ , noir, donnant au laitier durci sa teinte caractéristique. Ce  $\text{FeS}$  est insoluble. Après que la transformation en  $\text{FeS}$  est acquise, l'ion Fe est insoluble et ne peut plus émigrer.

La transformation du sulfure en sulfite soluble incolore ou en sulfate (réaction de blanchiment du ciment de laitier) est extrêmement lente, quelques millimètres après plusieurs années.

En résumé, la coloration jaunâtre prise par certains ciments de laitier paraît devoir être attribuée :

— Soit à un excès de  $\text{FeO}$ , fourneaux à allure froide où la réduction du minerai est insuffisante; le métallurgiste le sait et il fait tous ses efforts pour y remédier;

— Soit à une insuffisance, relative, de la teneur en soufre du laitier, ce qui peut paraître paradoxal mais n'étonnera pas les vieux praticiens qui ont observé que les meilleurs laitiers, ceux qui donnent par hydration des bétons bien noirs denses et résistants sont les laitiers riches en soufre qui, au gâchage, donnent une odeur caractéristique d'hydrogène sulfuré. L'emploi de cokes de très bonne qualité, l'emploi des procédés de désulfuration des fontes à la poche ou au mélangeur pourra avoir pour conséquence de diminuer la teneur en soufre des laitiers;

— Soit, peut-être aussi, à une teneur trop élevée en  $\text{MnO}$ . Le manganèse, en effet, entre en compétition avec le fer pour se combiner avec le soufre. Un excès de Mn peut avoir à cet égard les mêmes inconvénients qu'un excès de Fe.

Or, s'il est exact que les métallurgistes n'ont pas la possibilité de modifier la composition des laitiers, laquelle est imposée par la qualité de la fonte à fabriquer, il est non moins exact qu'ils savent très exactement, et à chaque instant, la nature et la composition des laitiers en cours d'élaboration.

S'il se confirme que l'insuffisance relative de la teneur en sulfure ou l'excès de la teneur en  $\text{FeO}$  et  $\text{MnO}$ , peuvent être à l'origine des variations de teinte des ciments de laitier, il suffira d'attirer l'attention des métallurgistes et des cimentiers pour remédier à cet inconvénient, mineur par lui-même, mais qui fait parfois prohiber l'emploi des ciments fortement dosés en laitier pour tous les travaux où le béton est destiné à rester apparent.

M. LAFEUILLE. — L'intervention de M. l'Inspecteur général SUQUET me conduit, en tant que représentant des cimentiers de l'Afrique du Nord, à faire la remarque suivante : il semble à l'heure actuelle admis implicitement chez tous les constructeurs que l'expression « ciment portland artificiel » est équivalente à « très grande susceptibilité aux eaux séléniteuses ». Eh bien! on doit marquer avec force qu'on arrive à l'heure actuelle à faire des ciments Portland artificiels de qualité, qui ont une excellente tenue en eaux séléniteuses aux teneurs courantes où on les rencontre dans la nature.

Ceci est extrêmement important en Afrique du Nord en raison de la nature des sols et des eaux rencontrées. Ce n'est d'ailleurs pas un secret de fabrication : vous savez que c'est l'aluminat de chaux qui est dangereux dans le ciment Portland artificiel; on le combat en fabrication, par des additions d'oxyde de fer, de telle sorte qu'il est combiné à l'état d'alumino-ferrite de chaux pratiquement inactif.

M. LE PRÉSIDENT. — Ceci montre avec quel soin les constructeurs de Portland, à l'heure actuelle, ont étudié les problèmes et permettent de les résoudre.

M. DURIEZ. — Pour compléter en quelques mots la question des taches de rouille, ce sont surtout les laitiers qui proviennent de hauts fourneaux marchant à allure froide qui donnent ces taches. Ces laitiers ont une couleur foncée, due à la présence de sels ferreux. Il y a des sulfures dans les laitiers, qui donnent lieu à formation

de sulfate, d'où le blanchiment en surface; les parties qui rouillent proviennent de la transformation des sels ferreux en sels ferriques ou en oxyde ferrique (rouille).

Les ciments de laitiers fabriqués à partir de laitiers granulés de hauts fourneaux marchant à allure chaude n'ont pas cet inconvénient; ce sont des laitiers clairs qui ne contiennent pas de fer et ne donnent pas lieu à formation d'hydrate ferrique, qui n'est autre que de la rouille.

## CONCLUSION DU PRÉSIDENT

*Je serai certainement votre interprète en remerciant notre conférencier et en même temps les différents orateurs qui nous ont permis d'avoir une vue d'ensemble. Les industriels français fabriquent des matériaux remarquables et le béton précontraint qui demande des résistances considérables n'a pu naître en France que parce que nous avions des ciments de haute qualité.*

*Il est évident que pour le précontraint et toutes les grandes constructions il est indiqué d'utiliser le ciment de Portland normal, mais il est aussi évident que le laitier apporte des solutions intéressantes dans les cas examinés pour les eaux pures ou séléniteuses. Il a un avantage qu'il ne faut pas oublier, sa densité absolue est voisine de 2,7 au lieu de 3,15 pour le Portland, de telle sorte que les dosages se trouvent augmentés automatiquement en volume absolu de 15 % environ. Il en résulte une imperméabilité plus grande avec les ciments de laitier. Je suis certain que, dans l'avenir, les fabricants fabriqueront directement des ciments qui auront aussi les mêmes caractéristiques que les laitiers. Nous n'en sommes pas encore là à l'heure actuelle. Les analyses de tous les ciments du monde se rapprochent et on tend vers des ciments de composition absolument constante, les seules modifications étant celles indiquées tout à l'heure pour l'alumine et le fer, en vue des résistances aux eaux séléniteuses.*

*Je remercie encore M. Mary en votre nom.*

*(Reproduction interdite.)*

JANVIER 1956

Neuvième Année, N° 97.

*Série : THÉORIES ET MÉTHODES DE CALCUL (23).*

# METHODE GÉNÉRALE DE CALCUL DU BÉTON ARMÉ A LA RUPTURE EN FLEXION SIMPLE OU COMPOSÉE

par **R. CHAMBAUD,**Conseiller scientifique de l'Institut Technique  
du Bâtiment et des Travaux Publics.**SOMMAIRE**

	Pages.		Pages.
I. — Introduction.....	50	2. Cas de la flexion composée .....	60
1. Exposé.....	50	A. Détermination de $N_R$ et $M_R$ pour une section connue.....	60
2. État de référence.....	50	B. Détermination de $\omega$ et $\omega'$ dans une section avec $N_R$ et $C_R$ connus.....	60
3. Nouveautés apportées.....	50		
4. Conception de la sécurité.....	51		
5. Résultats obtenus.....	52		
II. — Notations .....	52		
1. Liste des notations .....	52	VII. — Cas des aciers sans palier de ductilité.....	61
2. Définition plus précise de certaines notations.....	54	VIII. — Cas des sections à nervures et tables de compression.....	61
III. — Caractéristiques des matériaux .....	55	IX. — Conditions complémentaires de sécurité .....	62
IV. — Règles de calcul .....	56	1. Effort tranchant .....	62
1. Énoncé des règles générales.....	56	2. Variabilité des efforts appliqués.....	63
2. Détermination du pourcentage critique supérieur $\varpi_0$ .....	57	3. Rigidité .....	63
3. Détermination du pourcentage critique inférieur $\varpi_2$ .....	58	4. Fissuration .....	63
V. — Application des règles générales au calcul des sections de forme quelconque et compléments divers.	59	5. Comportement élastique.....	63
1. Cas de la flexion simple.....	59	X. — Effort tranchant à la rupture .....	64
A. Détermination de $M_R$ pour une section connue .....	59	XI. — Fixation rationnelle des coefficients de sécurité .....	64
B. Détermination de $\omega'$ dans une section avec $M_R$ connu.....	60	XII. — Références bibliographiques .....	66

## I. INTRODUCTION

### 1. Exposé.

L'objet du présent mémoire est une mise à jour de nos diverses études antérieures dans un esprit de simplification et de généralisation, en vue d'aboutir à une méthode pratique utilisable en Bureau d'Etudes pour la flexion simple ou composée, et applicable à des sections de forme quelconque et non plus seulement à des sections rectangulaires ou en T.

On utilise pour ce travail les résultats de notre théorie élastoplastique, l'idée essentielle du calcul à la rupture étant :

1<sup>o</sup> la prévision du moment de rupture avec une approximation suffisante;

2<sup>o</sup> l'application au résultat d'un coefficient de sécurité choisi à volonté en fonction de considérations rationnelles en rapport avec l'utilisation de l'ouvrage.

### 2. Etat de référence.

La définition de l'état de référence devant servir de base au calcul a déjà donné lieu à bien des controverses et les multiples noms qu'on a proposé de lui donner ne font que trahir l'embarras où l'on s'est trouvé quand on a voulu trouver une définition précise : état critique, état de ruine, état d'avarie, état d'épuisement, de prérupture, de rupture etc... L'état d'épuisement, lui-même peut être envisagé de différentes façons : déformations excessives ou fissuration excessive par exemple,

et le point anguleux dans la courbe des flèches est difficile à apercevoir.

Pratiquement la discussion est un peu académique parce que les charges ultimes supportées dans ces différents états sont très voisines les unes des autres.

Pour notre part nous choisissons ici comme état de référence celui qui précède immédiatement la rupture, c'est-à-dire celui qui correspond aux plus grands efforts extérieurs susceptibles d'être maintenus pendant un temps fixé à l'avance, une heure par exemple. C'est celui qui nous paraît répondre le mieux aux deux conditions nécessaires suivantes.

1<sup>o</sup> Il est définissable par l'expérience directe;

2<sup>o</sup> Il est prévisible avec une bonne approximation au moyen du calcul.

A partir de cet état on peut, si l'on veut, définir au moyen de coefficients appropriés d'autres états, également intéressants mais non susceptibles de définitions directes précises, comme certains de ceux que nous avons cités.

### 3. Nouveautés apportées.

La simplification que nous avons introduite par rapport à nos formules antérieures consiste à admettre, par approximation, que la zone comprimée du béton travaille à un taux de plasticité uniforme, dans l'état de référence. La forme exacte du diagramme de plasticité nous a été utile et

### RÉSUMÉ

Le présent mémoire est une mise au point des études antérieures de l'auteur sur la flexion élastoplastique, tenant compte de l'évolution des idées jusqu'à ce jour et aboutissant à une méthode de calcul à la rupture suffisamment simple et suffisamment générale pour entrer dès maintenant dans la pratique des bureaux d'études. Là où l'expérimentation présentait encore des lacunes, l'auteur a choisi des coefficients qui semblent en deçà de la réalité dans le sens de la sécurité. Certaines restrictions pourront peut-être se voir lever par la suite, en cas d'essais favorables nouveaux.

La méthode, dans son état actuel, permet déjà de faire des économies d'acier et parfois de béton, et de projeter des constructions présentant un coefficient de sécurité effectif choisi à l'avance suivant la destination de l'ouvrage.

### SUMMARY

This work is a restatement of the previous studies of the author on elastoplastic flexure taking account of the evolution of ideas on the subject up to the present day and gives a method for rupture calculation which is sufficiently broad and simple to be adopted from now on in design offices.

In cases where experiments still leave gaps, the author has chosen the coefficients which fall on the safe side of the supposed facts.

It is to be noted that certain restrictions may be removed eventually at a later period, in case of further favourable tests.

The method, in its present form, already permits economies in steel and sometimes in concrete, and makes it possible to plan constructions with an effective factor of safety chosen in advance according to the purpose of the construction.

nécessaire dans les études de recherche pour déterminer les coefficients par voie statistique avec le maximum de précision possible. Elle ne s'impose plus dans un procédé de calcul pratique en Bureau d'Etudes. Nous avons d'ailleurs vérifié qu'en général, avec les coefficients adoptés, l'écart sur le moment est inférieur à 5 % dans le sens de la sécurité par rapport aux formules plus exactes.

Cette simplification a en outre l'avantage de permettre l'extension du calcul sans nouvelles complications à des sections de forme quelconque, pourvu qu'elles soient symétriques par rapport au plan de flexion.

En ce qui concerne la valeur  $\varepsilon_1$  du raccourcissement ultime du béton comprimé dans une section de poutre fléchie, nous avons finalement adopté  $30 \times 10^{-4}$  au lieu de  $36 \times 10^{-4}$ , valeur qui résultait de nos propres expériences et qui se trouve d'ailleurs très bien confirmée par des expériences américaines plus récentes (1).

L'effet de cette réduction sur les moments de rupture est en général de peu d'importance et se trouve dans le sens de la sécurité. Nous pensons ainsi répondre à certaines objections qui se sont fait jour concernant l'éventualité de ruptures prématuées par fragilité du béton, ruptures que d'autres expérimentateurs ont, paraît-il, quelquefois observées.

Nous avons montré dans nos études précédentes qu'il existait un pourcentage critique supérieur pour les aciers tendus, au-delà duquel la rupture survient par écrasement du béton avant que l'acier tendu n'ait atteint sa limite élastique. Ce pourcentage ne doit pas en principe être dépassé parce que l'acier est alors surabondant ou mal utilisé. En outre la pièce risque d'être trop flexible. Nous avons déterminé, à l'époque, la valeur de ce pourcentage par des considérations théoriques qui se sont trouvées assez bien vérifiées dans nos expériences. Mais M. Lebel nous a signalé récemment que dans ses essais le pourcentage critique semblait souvent atteint pour des taux inférieurs. Les essais américains, d'autre part, interprétés théoriquement par V.P. JENSEN (2) concluent à l'existence de pourcentages critiques inférieurs aux nôtres de 25 à 30 % en moyenne. Nous avons donc revu la question et finalement adopté un facteur de réduction qui varie, *grosso modo*, de 40 % pour

des bétons à 600 kg de résistance, à 20 % pour des bétons à 200 kg, ce qui s'explique par le fait que les bétons très résistants sont également plus fragiles. De toutes façons la différence est dans le sens de la sécurité et il n'y aura pas de désaccord avec nos propres résultats expérimentaux, puisque nous n'étendons pas les formules de calcul du moment résistant à des cas de pourcentages plus élevés.

Telles sont les principales mises au point apportées ici, par rapport à nos précédents mémoires et en particulier par rapport aux règles indiquées dans le Formulaire du Béton Armé (1). En partant de là, nous formulons un certain nombre de règles générales applicables à tous les cas et d'où découlent par voie purement deductive les calculs à faire dans chaque cas particulier pour déterminer le moment résistant et l'effort de compression à la rupture pour une section donnée, ou inversement, les dimensions et armatures à prévoir pour des efforts résistants donnés.

#### 4. Conception de la sécurité.

Nous avons ensuite indiqué sur quelles bases rationnelles on pouvait passer des efforts en service aux efforts exigibles avant rupture par application de coefficients de sécurité appropriés.

En flexion élastoplastique il n'existe pas de dépendance linéaire entre les efforts extérieurs appliqués et les contraintes. D'autre part, notamment en flexion composée, les diverses sollicitations peuvent agir suivant des processus complètement différents vis-à-vis de la rupture. Par exemple, dans une cheminée, le vent a une action défavorable, mais le poids a une action favorable sur la stabilité et ce phénomène est extrêmement général : il y a des sollicitations qui, en augmentant, avancent la rupture, il y en a d'autres pour lesquelles a lieu le résultat inverse.

Il s'ensuit qu'il est impossible d'avoir un coefficient de sécurité constant en appliquant des coefficients sur les contraintes.

La méthode de calcul à la rupture a précisément pour objet de remédier à cet inconvénient.

Il faut chercher à obtenir l'état de rupture en appliquant aux efforts extérieurs variables par leur nature des coefficients appropriés à leur condition, c'est-à-dire majorer les efforts qui sont des facteurs d'augmentation des contraintes et diminuer, ou laisser tels quels selon les cas, ceux qui sont des facteurs de stabilité.

(1) E. HOGNESTAD, A study of combined bending and axial load in reinforced concrete members. University of Illinois Engineering Experiment Station, Bulletin Series, n° 399, pp. 1-128 (November 1951).

(2) V. P. JENSEN, Ultimate strength of reinforced concrete beams as related to the plasticity ratio of concrete. University of Illinois, Engineering Experiment Station. Bulletin Series n° 345. U.S.A., pp. 1-62, Juin 1943.

(1) R. CHAMBAUD et P. LEBELLE, Formulaire du Béton Armé, t. I, pp. 409-443, Paris, 1953.

Aucune difficulté ne se présente en flexion simple : il suffit de majorer les charges appliquées par les coefficients de sécurité choisis, qui seront généralement différents suivant qu'il s'agit de charges permanentes ou de surcharges.

Mais en flexion composée les choses sont moins simples, les diverses sollicitations agissant en règle générale de façons différentes, comme nous l'avons expliqué plus haut.

Dans ce cas, en appliquant des coefficients de majoration ou de réduction aux diverses sollicitations variables, et en conservant sans changement les efforts dont la permanence est certaine, on obtiendra un ensemble de sollicitations résultantes, et l'on pourra par le calcul à la rupture conditionner l'ouvrage ou la pièce étudiés de manière que l'une au moins des sollicitations de cet ensemble corresponde à un état limite de rupture, les autres correspondant toutes à des états situés en-deçà de la rupture. La pièce ou l'ouvrage présenteront alors, vis-à-vis de la rupture, un coefficient de sécurité égal au coefficient de majoration qui aura été appliqué aux sollicitations à caractère défavorable. Dans la pratique, la combinaison efficace s'apercevra très rapidement.

## 5. Résultats obtenus.

La méthode ainsi exposée permet, comme nous l'avons dit, de prévoir le moment de rupture avec une approximation suffisante. Dans nos propres expériences, qui ont porté sur une centaine d'essais, l'écart était inférieur à  $\pm 10\%$  dans 88 % des cas ;

il était compris entre  $\pm 10\%$  et  $\pm 15\%$  dans 9,5 % des cas et entre  $\pm 15\%$  et  $\pm 20\%$  dans 2,5 % des cas seulement.

Ces chiffres sont sans doute un peu optimistes, parce qu'ils ont été obtenus en laboratoire. Dans la pratique, on doit pouvoir compter sur des proportions respectives de 80 %, 16 % et 4 %. Ces résultats correspondent d'ailleurs à la méthode théorique ne faisant pas état des simplifications introduites ici. Dans la présente méthode, le point moyen des résultats se situera donc un peu en-dessous de la résistance vraie c'est-à-dire sera placé dans le sens de la sécurité.

Comme nous l'avons dit, on passe des efforts à rupture aux efforts en service ou réciproquement par l'application des coefficients de sécurité et les avantages du calcul à la rupture se résument ainsi :

1<sup>o</sup> choix à volonté des coefficients de sécurité effectifs en tenant compte des circonstances; notamment, possibilité d'adopter des coefficients différents pour les charges et les surcharges;

2<sup>o</sup> économie importante dans les aciers comprimés des poutres fortement armées en traction, et dans certains cas dans le béton, tant en flexion simple qu'en flexion composée;

3<sup>o</sup> possibilité d'appliquer à des sections rectangulaires, polygonales ou circulaires ainsi qu'à des sections en T, des moments en service supérieurs aux moments limites imposés par la théorie classique.

En définitive on réalise en moyenne des économies tout en faisant des constructions plus rationnelles.

## II. NOTATIONS

### 1 Liste des notations.

On a adopté les notations suivantes :

<i>l</i>	portée théorique.
<i>b</i>	largeur totale <i>utilisable</i> de la table de compression.
<i>b'</i>	largeur de la nervure.
<i>b''</i>	largeur de table utilisable de chaque côté, en dehors de la nervure.
<i>c</i>	espace libre entre nervures.
<i>u</i>	porte à faux d'une table de compression.
<i>h</i>	hauteur totale de la section.
<i>h</i> <sub>1</sub>	hauteur utile.

<i>y</i>	distance de la fibre neutre à la face comprimée du béton.
$\alpha = y/h_1$	coefficient de la fibre neutre.
<i>y</i> <sub>0</sub>	valeur limite de <i>y</i> .
<i>z</i> <sub>0</sub>	valeur limite de $\alpha$ .
<i>z</i> <sub>a</sub>	bras de levier des aciers comprimés.
<i>z</i> <sub>b</sub>	bras de levier du béton comprimé.
<i>z</i>	bras de levier résultant du couple de flexion.
<i>d', d</i>	distance des aciers tendus ou comprimés au parement voisin.
<i>C</i>	centre de pression en service.
<i>C</i> <sub>R</sub>	centre de pression à la rupture.

$a, a_R$	excentricité de l'effort normal par rapport au centre de gravité de la section, respectivement en service et dans l'état de rupture.	$n'_{e,r}$	limite élastique conventionnelle à $x = 0\%$ (quand $x \neq 2$ ).
$f, f_R$	excentricités par rapport aux aciers tendus.	$n'_1$	contrainte de l'acier tendu au moment de la rupture de la pièce par flexion.
$\omega', \omega$	section d'acier tendu ou comprimé.	$n'_{1c}$	valeur corrigée de $n'_1$ pour tenir compte du glissement éventuel des armatures.
$\varpi', \varpi$	pourcentages d'acier tendu ou comprimé, rapportés à une section de béton réelle ou fictive $S$ définie ci-après.	$n$	contrainte de compression du béton.
$\varpi_0'$	pourcentage critique supérieur des aciers tendus.	$n_0$	contrainte d'écrasement du béton, au moment de l'emploi, mesurée sur cubes avec interposition de carton.
$\varpi_2'$	pourcentage critique inférieur des aciers tendus.	$n_{0c}$	valeur corrigée de $n_0$ pour tenir compte de différentes causes de fatigue supplémentaire.
$S$	section réelle ou fictive du béton définie ci-après.	$n_1$	contrainte d'écrasement du béton mesurée sur cubes avec enduit rectifiant.
$\Omega$	aire de la zone de béton comprimé.	$n_2$	contrainte d'écrasement du béton mesurée sur prismes.
$\Omega_0$	limite supérieure de $\Omega$ .	$n_r$	contrainte de rupture du béton en traction mesurée comme il est dit ci-après.
$p$	charge permanente.	$\varepsilon'$	allongement unitaire de l'acier.
$s$	surcharge.	$\varepsilon'_r, \varepsilon'_l$	allongement unitaire de l'acier, respectivement au début et à la fin du palier de ductilité.
$\sigma, \sigma_1, \sigma_2$	coefficients de sécurité.	$\varepsilon_1$	raccourcissement unitaire maximum du béton comprimé au moment de la rupture par flexion.
$\beta = s/p$	rapport surcharge/charge permanente.	$E_a$	module d'élasticité longitudinal de l'acier.
$N$	compression normale en service.	$E_0$	module d'élasticité longitudinal instantané du béton.
$N_R$	compression normale à la rupture.	$E_1$	module d'élasticité du béton sous charges permanentes ou appliquées lentement.
$M = Na$	moment en service par rapport au centre de gravité de la section (moment fléchissant en service en flexion simple).	$\psi$	coefficient d'utilisation de la zone comprimée du béton.
$M' = N_R a_R$	moment résistant à la rupture par rapport au centre de gravité de la section ( $= \sigma M$ en cas de flexion simple).	$\varrho$	coefficient de pondération pour le calcul de $n'_{1c}$ à partir de $n'_1$ .
$M_R = N_R f_R$	moment résistant à la rupture par rapport aux aciers tendus ( $= M' = \sigma M$ en cas de flexion simple).	$r_1, r_2$	coefficients d'élançement des tables de compression.
$F_a$	effort de compression des aciers comprimés.	$k_1, k_2$	coefficients relatifs au flambement des tables de compression.
$F_b$	effort de compression du béton.	$\theta_1, \theta_2$	facteurs de correction de la contrainte $n_0$ .
$F_a$	effort de traction des aciers tendus.	$\lambda$	coefficient modérateur des pointes de contraintes du béton.
$T$	effort tranchant en service.	$\gamma$	facteur de majoration des coefficients de sécurité.
$T_R$	effort tranchant résistant à la rupture.	$\circ$	diamètre des barres.
$n'$	contrainte de l'acier tendu.		
$n'_r$	contrainte de rupture de l'acier en traction.		
$n'_e$	limite d'écoulement ou limite élastique conventionnelle à $2\%$		

## 2. Définition plus précise de certaines notations.

Les figures 1, 2, 3 et 4 expliquent un certain nombre des notations précédentes.

permanent égal à  $x/1000$ ,  $x$  étant habituellement pris égal à 2 mais devant dans certains cas recevoir d'autres valeurs (entre 1 et 15 par exemple).

La section  $S$  du béton servant à l'estimation des pourcentages d'armatures est définie comme suit :

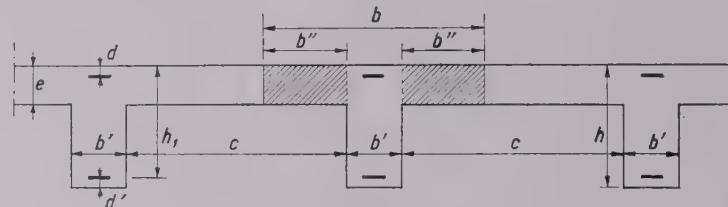


FIG. 1.

Il y a deux types principaux de diagrammes d'acières :

1<sup>o</sup> celui des aciers présentant un palier de ductilité marqué schématiquement par la

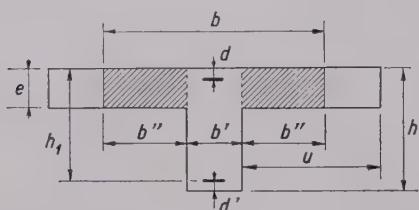


FIG. 2.

figure 5 (la contrainte de rupture sort de la figure et n'est pas représentée);

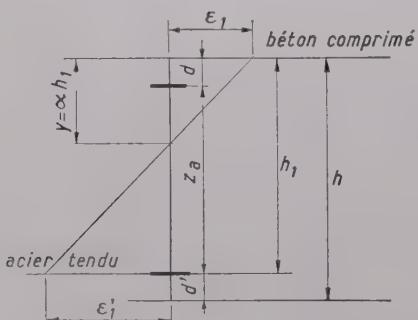


FIG. 3.

2<sup>o</sup> celui des aciers sans palier de ductilité (fig. 6) qui se rencontre notamment dans les aciers mi-durs et les aciers à caractéristiques améliorées par traitement à froid. Ici la limite d'écoulement est remplacée par une limite élastique conventionnelle correspondant à un allongement résiduel

— pour une section à contour convexe c'est la section totale du béton correspondant à la hauteur utile  $h_1$  (fig. 7); en particulier, pour une section rectangulaire;

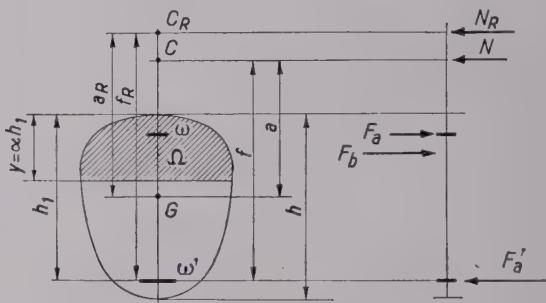


FIG. 4.

$$(1) \quad S = b' h_1;$$

— pour une section à nervure et table de compression,  $b_1$  étant défini par la condition (fig. 8)

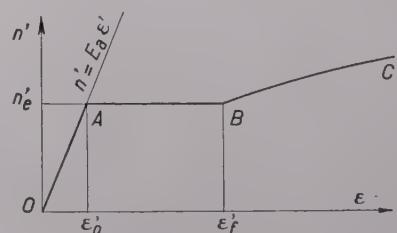


FIG. 5.

$$(2) \quad b_1 y = \Omega,$$

on prend pour  $S$  la valeur

$$(3) \quad S = b_1 h_1.$$

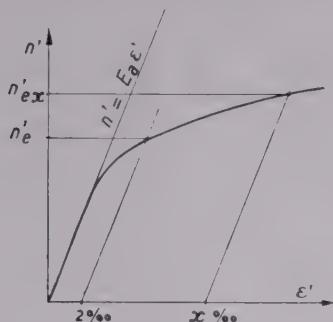


FIG. 6.

Les pourcentages d'acier sont dans tous les cas définis par les formules

$$(4) \quad w' = \frac{100 \omega'}{S}, \quad w = \frac{100 \omega}{S}.$$

La contrainte d'écrasement  $n_0$  du béton est mesurée sur cubes de 14,1 cm de côté, sans enduit rectifiant, avec interposition de carton, la vitesse de chargement étant d'environ 20 kg/cm<sup>2</sup>/s.

La contrainte  $n_1$  est mesurée dans les mêmes conditions mais avec enduit rectifiant (soufre + noir de fumée) et sans interposition de carton.

La contrainte  $n_2$  est mesurée sur prismes de section carrée ou circulaire, le rapport de la hauteur à la largeur ou au diamètre pouvant varier de 2 à 2,5, et la largeur ou diamètre étant en principe 14,1 cm.

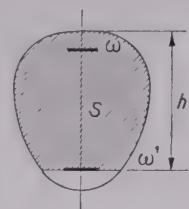


FIG. 7.

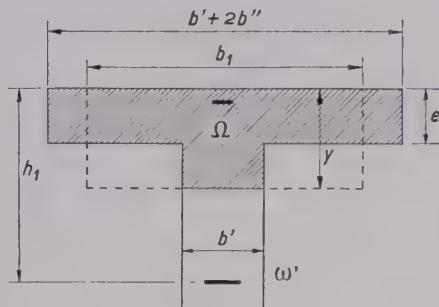


FIG. 8.

La contrainte  $n_r$  de rupture du béton en traction est mesurée par flexion sur éprouvette de section carrée (en général côté 7 cm, longueur 28 cm) suivant la formule

$$(5) \quad n_r = 3,6 M/b^3.$$

### III. CARACTÉRISTIQUES DES MATERIAUX

Les caractéristiques de base des matériaux sont en premier lieu la résistance à l'écrasement du béton et le diagramme contraintes/allongements de l'acier.

On choisit ici la résistance du béton sur cubes, les essais devant être réalisés dans des conditions parfaitement définies : dimensions des éprouvettes, mode de confection, interposition éventuelle de feuilles de carton, rectification éventuelle des faces, vitesse de chargement etc.... On doit prendre la moyenne sur 6 à 8 cubes pour avoir une précision suffisante.

On rappelle que la résistance  $n_0$  doit être connue avec une précision suffisante. Si l'on a l'assurance que les charges maxima en service ne seront pas appliquées avant 3 mois d'âge du béton, on pren-

dra pour  $n_0$  la valeur de cette résistance à 90 jours, mais si ces charges sont susceptibles d'être appliquées plus tôt (décoffrage précoce, éléments de toiture ou de couverture) il faudra en tenir compte. Pour une voûte de couverture par exemple, décoffrée à 12 jours, il sera prudent de prendre pour  $n_0$  seulement les 2/3 de la résistance à 90 jours et pour des éléments destinés à travailler au taux maximum dès 28 jours, les 4/5 de cette résistance. Enfin il faut tenir compte du ralentissement du durcissement par temps froid (Règles B.A. 45, n° 2, 232 : vitesse de durcissement d'un béton courant réduite de moitié quand la température passe de 15° à 5°C).

On peut passer à d'autres conditions d'essais du béton (prisme à section carrée ou circulaire, faces à enduit rectifiant, etc...) au moyen de coefficients appropriés. La résistance  $n_0$  (sur cubes,

avec carton) est prise ici pour fixer les idées. On pourra admettre les formules de transposition suivantes

$$(5) \quad n_0 = 0,8 n_1 \quad \text{ou} \quad n_0 = 1,2 n_2.$$

La résistance du béton à la traction  $n_r$  est également une caractéristique importante. Elle ne devra pas être inférieure à  $n_0/k$ , sinon on limitera  $n_0$  à la valeur réduite

$$(6) \quad n_0 \text{ réduite} = k n_r,$$

$k$  étant défini par l'échelle suivante où les contraintes sont exprimées en kg/cm<sup>2</sup> :

$n_0 =$	200	250	320	400	500
$k =$	10	11	12	13	14

Le diagramme d'allongement de l'acier doit être connu avec précision dans un domaine de déforma-

tion suffisamment étendu (par exemple jusqu'à un allongement unitaire  $\varepsilon'$  de 100/1000). On devra noter en particulier les caractéristiques  $n'_e$ ,  $\varepsilon'_e$ ,  $\varepsilon'_f$  ainsi que la contrainte de rupture  $n'_r$ .

Le module d'élasticité de l'acier peut généralement et avec une approximation suffisante être pris égal à  $E_a = 21\,000 \text{ kg/mm}^2$ , mais dans certains cas spéciaux il peut descendre à 19 000 et même 18 000 kg/mm<sup>2</sup> (certains aciers au silicium par exemple); des mesures expérimentales devront donc être faites si c'est nécessaire.

Les modules d'élasticité du béton pourront à titre approxatif être pris égaux à

$$(7) \quad E_0 = 19\,000 \sqrt{n_0} \quad \text{pour le module instantané},$$

$$(8) \quad E_1 = E_0/3 \quad \text{pour les déformations lentes,} \\ (E_0, E_1 \text{ et } n_0 \text{ en kg/cm}^2).$$

#### IV. RÈGLES DE CALCUL

##### 1. Énoncé des règles générales.

La section de la pièce ayant une forme quelconque (rectangulaire, polygonale, circulaire, nervurée avec table de compression, etc...) mais supposée toutefois symétrique par rapport au plan de flexion, le calcul de la flexion simple ou composée sera fait conformément aux règles générales suivantes qui s'appliquent à tous les cas correspondant à l'état de référence immédiatement avant rupture.

1. La section est partagée en deux parties par un axe neutre normal au plan de flexion, séparant les zones tendues et comprimées (sauf le cas des sections entièrement comprimées qui sera traité à part avec raccordement à la théorie classique en cas de compression simple).

2. Les fibres tendues du béton n'apportent aucune contribution à la résistance au moment de la rupture.

3. Dans l'état de rupture, le calcul est fait comme si toutes les fibres du béton comprimé travaillaient à un taux uniforme moyen égal à  $\psi n_{0c}$ . Le coefficient  $\psi$  est un coefficient d'utilisation qui peut être pris égal à 0,90. La contrainte  $n_{0c}$  a été définie précédemment. C'est la résistance sur cubes au jour de l'emploi, éventuellement corrigée par les facteurs  $\theta_1$  et  $\theta_2$  comme nous le verrons plus loin. On voit tout de suite que l'approximation ainsi faite revient par rapport aux dispositions du Formulaire du Béton Armé (1) à prendre pour coefficient de centre de gravité  $\delta = 0,50$

au lieu de  $\delta = 0,44$  et pour coefficient de remplissage  $\psi = 0,90$  au lieu de  $\psi = 0,84$  c'est-à-dire (2)

$$\beta = \delta/\psi = 0,555$$

au lieu de

$$\beta = 0,44/0,84 = 0,524.$$

Tout compte fait, l'écart sur le moment résultant (formule 21 du Formulaire p. 420) est toujours inférieur à 2 % dans les formes rectangulaires et nervurées, et vraisemblablement aussi dans le cas général.

4. On admet que l'acier comprimé (s'il existe, en particulier dans les cas de flexion composée) travaille à sa limite d'écoulement (ou, le cas échéant, à sa limite élastique conventionnelle à 2 %) mais en l'état actuel de l'expérimentation et par prudence, leur section ne sera comptée que pour les 2/3 de sa valeur et seulement si l'enrobage est satisfaisant (au moins égal au diamètre de la barre dans tous les sens) et s'il existe des ligatures transversales espacées au plus de dix fois le diamètre des barres comprimées et s'opposant efficacement au flambement local des barres. Si l'enrobage est moins bon ou les ligatures plus faibles, le coefficient d'application sera réduit. Il est recommandé de n'employer en compression que des aciers à haute limite élastique et l'on rappelle qu'avec des aciers

(1) p. 414.

(2) Ibid., p. 420

étirés ou écrouis à froid la limite élastique en compression peut être inférieure à la limite élastique en traction. Les règles ainsi définies supposent bien entendu que l'axe neutre tombe en dessous des armatures comprimées.

Les aciers comprimés ne doivent pas comporter de recouvrements. On doit manchonner ou souder sauf cas particuliers tels que sections continues sur appui, etc...

5. En flexion simple ou composée, la section d'acier tendu est au plus égale à celle qui correspond au pourcentage critique supérieur  $\omega'_0$  tel qu'il est défini ci-après. En flexion simple et dans ces limites d'armatures tendues, l'armature comprimée n'est jamais nécessaire. Dans les cas exceptionnels où l'on aurait besoin d'un moment résistant plus élevé que celui qui correspond à l'armature tendue limite, une armature tendue plus forte pourrait être employée, mais à condition d'équilibrer le supplément d'effort de compression par de l'acier comprimé et non par le béton, même si la théorie en montrait la possibilité, ceci afin de parer aux ruptures prématuées possibles par fragilité du béton. Mais dans ces cas exceptionnels, il faudra s'assurer que la poutre ne devient pas trop flexible.

Dans tous les cas, la section d'armature tendue sera au moins égale à celle qui correspond au pourcentage critique inférieur  $\omega'_2$  également défini ci-après.

6. La déformation de la section droite du béton dans l'état de rupture est considérée comme répondant à l'hypothèse des déformations planes (allongement ou raccourcissement unitaires des fibres, proportionnels à leur distance à l'axe neutre). Cette règle est exacte par raison de symétrie en cas de flexion circulaire et elle l'est approximativement dans le cas général où il existe un effort tranchant. Il y a des dérogations qui seront expliquées plus loin, pour le cas des sections faiblement armées et tenant compte du glissement possible des armatures.

7. Dans l'état de référence, la contrainte de l'acier tendu est celle qui résulte de la règle ci-dessus et du fait que le raccourcissement ultime  $\varepsilon_1$  de la fibre extrême comprimée du béton dans la section de rupture peut être évaluée à  $3 \times 10^{-3}$ . Ces conditions fixent l'allongement de l'acier tendu au moment de la rupture de la poutre, dont on déduit la contrainte d'après le diagramme contraintes/allongements supposé connu.

Dans le cas de la flexion simple avec des aciers à palier de ductilité, ce calcul se trouve simplifié du fait que pour les pourcentages habituels la contrainte ainsi déterminée se trouve en général égale à la limite d'écoulement.

Les sections d'acier tendu étant ainsi déterminées on établit les graphiques servant à fixer les arrêts successifs des barres en cas de moments décroissants, de manière que, compte tenu des ancrages, il existe dans chaque section les armatures correspondant aux moments. On rappelle que pour tenir compte de l'effet de treillis constitué par les ligatures et les armatures longitudinales après fissuration du béton, les barres tendues doivent être prolongées d'une quantité supplémentaire égale à la moitié du bras de levier du couple de flexion (1).

8. Différentes conditions complémentaires de sécurité seront formulées plus loin.

Il est clair que les principes fixés ci-dessus permettent de calculer, sans autres hypothèses tous les cas de flexion simple ou composée pour lesquels l'axe neutre tombe dans la section, il suffit d'écrire les deux équations d'équilibre statique, projection des forces et égalité des moments. En particulier, si les sections de béton et d'acier sont connues, on en déduit en flexion simple la position de la fibre neutre et la valeur du moment résistant. La solution est unique et bien déterminée.

En flexion composée, le problème comporte théoriquement une infinité de solutions, puisqu'il n'y a que 2 équations pour les trois inconnues qui sont la position de la fibre neutre, le moment résistant et l'effort normal résistant. Mais si le centre de pression est connu et constitue une donnée, le problème redevient déterminé.

## 2. Détermination du pourcentage critique supérieur $\omega'_0$ .

Pour que la limite élastique de l'acier tendu soit obtenue avant la rupture du béton comprimé, il faut théoriquement que l'on ait (fig. 3) d'après la loi de déformation plane

$$(9) \quad \varepsilon'_1 = \varepsilon_1 \frac{1 - \alpha}{\alpha} \geqslant \frac{n'_e}{E_a},$$

d'où

$$(10) \quad \alpha \leqslant \frac{1}{1 + \frac{n'_e}{\varepsilon_1 E_a}} = \alpha_0.$$

Pour écarter la possibilité de ruptures prématuées par le béton, ruptures qui peuvent tenir à des phénomènes de fragilité susceptibles d'avancer la rupture, surtout en l'absence de barres comprimées, nous réduisons la valeur théorique de  $\alpha_0$  et adoptons

$$(11) \quad \lim \alpha = \alpha_0 = \frac{1}{1 + \frac{n'_e}{\varepsilon_1 E_a}} \times \left( 0,85 - \frac{n_{0c}}{2500} \right),$$

(1) Formulaire du Béton Armé, t. I, p. 386, formule 1.

$n_{0c}$  étant exprimé en  $\text{kg/cm}^2$ , ce qui, avec  $\varepsilon_1 = 3 \times 10^{-3}$  et  $E_a = 21\,000 \text{ kg/mm}^2$  donne

$$(12) \quad \alpha_0 = \frac{6\,300}{6\,300 + n'_e} \left( 0,85 - \frac{n_{0c}}{2\,500} \right),$$

$n'_e$  étant aussi exprimé en  $\text{kg/cm}^2$ .

Cette limitation a en outre l'avantage d'éviter des poutres trop flexibles, surtout pour de grandes valeurs de l'élancement  $l/h$ .

$\Omega_0$  étant la section de béton comprimé correspondant à  $\alpha_0$ , on aura pour  $\alpha = \alpha_0$

$$(13) \quad F_b = \psi \Omega_0 n_{0c},$$

et, en flexion simple

$$(14) \quad F'_a = F_b = \psi \Omega_0 n_{0c}.$$

Nous limiterons la section d'acier tendu (en flexion simple ou composée) à

$$(15) \quad \omega'_0 = \frac{F'_a}{n'_e} = \psi \Omega_0 \frac{n_{0c}}{n'_e},$$

ce qui, pour une section rectangulaire et avec  $\psi = 0,90$  et  $\Omega_0 = b'/\alpha_0$  correspond à un pourcentage limite égal à

$$(16) \quad \omega'_0 = \frac{100 \omega'_0}{b'h_1} = \frac{567\,000}{6\,300 + n'_e} \times \frac{n_{0c}}{n'_e} \left( 0,85 - \frac{n_{0c}}{2\,500} \right),$$

$(n_{0c}$  et  $n'_e$  en  $\text{kg/cm}^2$ ).

Ce pourcentage limite devra être respecté pour toutes les formes de sections en général, c'est-à-dire qu'on devra toujours avoir

$$\omega' \leq \omega'_0 = \frac{S\omega'_0}{100},$$

$S$  étant la section fictive définie au chapitre des notations.

Nous donnons ci-dessous quelques valeurs de  $\omega'_0$ :

$n'_e \backslash n_{0c}$	500	400	320	250	200
2 800	7,22	6,14	5,15	4,16	3,43
3 500	5,36	4,56	3,83	3,10	
4 200	4,16	3,55	2,97	2,41	

### 3. Détermination du pourcentage critique inférieur $\omega'_2$ .

Comme nous l'avons montré dans une étude antérieure (1), il existe un pourcentage critique inférieur  $\omega'_2$  au-dessous duquel on ne doit pas descendre parce que le béton perd alors, en restant fragile, tous les avantages de plasticité qu'il tenait de la présence des armatures.

Le pourcentage  $\omega'_2$  est celui qui correspond à une section d'acier tendu tout juste suffisante pour équilibrer, après fissuration, le moment résistant propre du béton non armé à la flexion c'est-à-dire celui qui est conditionné par la seule résistance du béton tendu. Tant que le pourcentage  $\omega'$  est inférieur à cette valeur, la pièce se rompt brutalement dès que la charge correspond à la résistance du béton seul parce que l'acier n'est pas capable de prendre ce que prenait le béton avant fissuration, et il y a en général (mais pas nécessairement) rupture de l'acier. La présence de l'acier peut même avoir dans ce cas une influence défavorable en gênant le retrait et en avançant la fissuration.

Dans le cas de sections rectangulaires on peut évaluer approximativement le pourcentage critique inférieur à

$$(18) \quad \omega'_2 = 27 \frac{n_r}{n'_e}.$$

Par conséquent, dans le cas plus général d'une section à nervure et table de compression, l'armature tendue devra toujours être supérieure à

$$(19) \quad \omega'_2 = 27 \frac{n_r}{n'_e} \cdot \frac{b'h_1}{100},$$

parce que, pour le béton tendu, c'est toujours la largeur de la nervure qui compte (les aciers tendus étant supposés dans la nervure). Par exemple pour  $n_r = 25 \text{ kg/cm}^2$  et  $n'_e = 3\,000 \text{ kg/cm}^2$  on aurait

$$\omega' \text{ minimum} = 0,225 \% \text{ de } b'h_1.$$

(1) Le calcul à la rupture par flexion des poutres en béton armé à faible pourcentage d'armature tendue. Ann. I. T. B. T. P., Paris, pp. 571-593, juin 1954.

## V. APPLICATION DES RÈGLES GÉNÉRALES AU CALCUL DES SECTIONS DE FORME QUELCONQUE ET COMPLÉMENTS DIVERS

Nous envisagerons d'abord le cas des aciers à palier de ductilité marqué.

### 1. Cas de la flexion simple.

Dans l'état de référence l'équation du moment est (en supposant bien entendu  $d < y$ )

$$(20) \quad M_R = 0,9 \Omega n_{0c} z_b + \frac{2}{3} \omega n_e z_a = f_1(y),$$

$f$  étant le symbole général d'une relation entre  $y$  et  $M_R$ .

L'équation de projection est

$$(21) \quad 0,9 \Omega n_{0c} + \frac{2}{3} \omega n'_e - F'_a = 0.$$

La limitation imposée  $\omega' < \omega'_0$  assure que l'on aura  $\varepsilon'_1 > \varepsilon'_e$  et si  $\omega'$  est suffisamment grand, on aura aussi

$$(22) \quad \varepsilon'_e < \varepsilon'_1 < \varepsilon'_f,$$

c'est-à-dire que le palier de ductilité est entamé mais non épuisé à la rupture. Alors  $F'_a = n'_e \omega'$  et l'équation de projection devient

$$(21') \quad 0,9 \Omega n_{0c} + \frac{2}{3} \omega n'_e - n'_e \omega' = 0.$$

Dans le cas des pièces peu armées le palier de ductilité peut se trouver dépassé. On détermine alors, comme on le verra plus loin, la valeur  $n'_1 > n'_e$  correspondante et l'équation de projection devient

$$(21'') \quad 0,9 \Omega n_{0c} + \frac{2}{3} \omega n'_e - n'_1 \omega' = 0.$$

On a d'autre part, d'après la forme de la section

$$(23) \quad y = f_2(\Omega),$$

et d'après la loi de déformation plane

$$(24) \quad \varepsilon'_1 = \varepsilon_1 \times \frac{h_1 - y}{y},$$

et enfin d'après le diagramme contraintes/allongements de l'acier (fig. 5 et 6)

$$(25) \quad n'_1 = f_3(\varepsilon'_1).$$

### A. — Détermination de $M_R$ pour une section connue

En admettant que  $F'_a = n'_e \omega'$  l'équation (21') donne  $\Omega$ , d'où  $y$  par (23), d'où  $M_R$  par (20).

Il faut maintenant vérifier qu'en portant  $y$  dans (24) on obtient bien une valeur de  $\varepsilon'_1$ , comprise entre  $\varepsilon'_e$  et  $\varepsilon'_f$ . Si l'on trouve au contraire  $\varepsilon'_1 > \varepsilon'_f$  c'est-à-dire par (25)  $n'_1 > n'_e$ , on déterminera la valeur de  $n'_1$  compatible avec les quatre équations (21'), (23), (24) et (25).

Par exemple si la première valeur donnée par (25) est  $n'_1$  on prendra comme seconde valeur la moyenne  $(n'_1 + n'_e)/2$  et ainsi de suite par approximations successives. On peut démontrer que le procédé converge et que la convergence est très rapide.

### Prise en compte du glissement des armatures.

Ayant ainsi obtenu la valeur de  $n'_1$  satisfaisant aux quatre équations, on prend une valeur corrigée  $n'_{1c}$  tenant compte du glissement possible des armatures en cas de faible pourcentage d'acier :

$$(26) \quad n'_{1c} = \varrho n'_1 + (1 - \varrho) n'_e,$$

$\varrho$  étant un coefficient qui sera défini ci-après en fonction des qualités des matériaux.

On a alors la valeur définitive de  $\Omega$  par l'équation de projection corrigée

$$(27) \quad 0,9 \Omega n_{0c} + \frac{2}{3} \omega n'_e - n'_{1c} \omega' = 0,$$

d'où la valeur de  $M_R$  par (20).

Le coefficient  $\varrho$  peut être défini par le tableau suivant résultant des valeurs moyennes obtenues dans le dépouillement de nombreux résultats d'essais. Dans ce tableau  $\phi$  est le diamètre des armatures dans le cas des aciers lisses et  $\phi'$  le diamètre équivalent dans le cas des aciers à adhérence améliorée (dans le cas, assez rare, où ces aciers présentent un palier de ductilité).

### Valeurs de $\varrho$ pour les pièces peu armées.

N°	DÉSIGNATION	VALEURS DE $\varrho$
1	Poutres à armatures de gros diamètre : $\phi > l/240$ ou $\phi' > l/200 \dots$ Nervures étroites : $h/b' > 2,5 \dots$ Béton avec $n_{0c} < 270 \text{ kg/cm}^2 \dots$	0 0 0
2	Poutres à armatures de diamètres moyens : $l/240 > \phi > l/320$ ou $l/200 > \phi' > l/270$ avec $h/b' < 2,5$ et $n_{0c} > 270 \text{ kg/cm}^2$	0,25
3	Poutres à armatures de petits diamètres : $\phi < l/320$ ou $\phi' < l/270$ avec $h/b' < 2,5$ et $n_{0c} > 270 \text{ kg/cm}^2$	0,50
4	Hourdis avec $l/240 > \phi > l/320$ ou $l/200 > \phi' > l/270$	0,25 0,50
	Hourdis avec $\phi < l/320$ ou $\phi' < l/270$	0,50 0,75

### B. — Détermination de $\omega'$ dans une section avec $M_R$ connu.

En général on n'aura pas besoin d'acier comprimé ( $\omega = 0$ ). Dans tous les cas, l'équation (20) donne  $\Omega$  et l'équation (21) donne  $F'_a$ , d'où l'on déduit, en admettant  $n'_1 = n'_e$

$$(28) \quad \omega' = \frac{F'_a}{n'_e}.$$

On vérifiera comme précédemment que (23) et (24) donnent  $\varepsilon'_1$  compris dans le palier de ductilité. Si on trouve au contraire  $\varepsilon'_1 > \varepsilon'_f$ , (25) donne  $n'_1 > n'_e$ , d'où la valeur corrigée  $n'_{1c}$  de  $n'_1$  par (26) et la valeur finale de  $\omega'$

$$(29) \quad \omega' = \frac{F'_a}{n'_{1c}}.$$

### 2. Cas de la flexion composée.

(pour une section partiellement tendue)

Le problème est déterminé si l'on connaît  $C_R$ , position du centre de pression dans l'état de référence.

Les équations sont pour le moment :

$$(30) \quad N_R = \frac{M_R}{f_R} = \frac{0,9 \Omega n_{0c} z_b}{f_R} + \frac{2}{3} \omega n'_c z_a = f_4(y),$$

pour la projection :

$$(31) \quad N_R = 0,9 \Omega n_{0c} + \frac{2}{3} \omega n'_c - F'_a = f_5(y).$$

### A. — Détermination de $N_R$ et $M_R$ pour une section connue.

L'allongement  $\varepsilon'_1$  est une fonction connue de  $y$  d'après (24) donc aussi  $n'_1$  d'après (25). Ici,  $n'_1$  peut être en situation quelconque par rapport au palier de ductilité. En pratique on aura souvent  $n'_1 < n'_e$ . Si l'on a d'après (25)  $n'_1 \leq n'_e$  on conservera  $n'_1$  sans correction, c'est-à-dire qu'on prendra  $n'_{1c} = n'_1$ .

Si l'on a  $n'_1 > n'_e$ , on fera la correction sur  $n'_1$  comme précédemment suivant (26) et finalement on aura dans tous les cas  $n'_{1c}$  en fonction connue de  $y$  donc aussi  $F'_a$  par l'équation (29) :  $F'_a = n'_{1c} \omega'$ .

Finalement, les fonctions  $f_4$  et  $f_5$  sont des fonctions connues de  $y$ . Par conséquent, la valeur de  $y$  fixant la position de l'axe neutre sera déterminée par l'intersection des deux courbes  $N_R = f_4(y)$  et  $N_R = f_5(y)$  (fig. 9). La même intersection donnera  $N_R$  et l'on aura

$$(32) \quad M_R = N_R f_R.$$

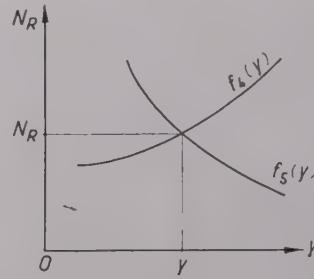


FIG. 9.

### B. — Détermination de $\omega$ et $\omega'$ dans une section avec $N_R$ et $C_R$ connus.

On prend *a priori* une valeur de  $\omega$  pour la section d'acier comprimé. L'équation (30) donne alors  $y$ , d'où  $\Omega$  par (23) d'où  $\varepsilon'_1$  par (24) et  $n'_1$  par (25) et éventuellement  $n'_{1c}$  par (26) au cas où l'on aurait  $n'_1 > n'_e$ .

Ensuite l'équation (29) donne  $\omega'$ .

On pourra faire plusieurs essais en faisant varier  $\omega$  pour avoir le minimum de la section totale d'acier  $\omega + \omega'$ .

Dans les deux cas A et B il faut vérifier que l'on a  $y < h_1$ , sinon la section est entièrement comprimée. Le cas est différent et sera examiné à part.

Il va de soi que dans une section de forme géométrique simple, les calculs se simplifient et qu'on peut se dispenser de constructions graphiques.

## VI. CAS DES ACIERS SANS PALIER DE DUCTILITÉ

Ce cas est fréquent avec la vogue actuelle, d'ailleurs justifiée, des aciers mi-durs et des aciers à adhérence améliorée (crénelés, cannelés, torsadés, étirés et tordus à froid, etc...).

Pour de telles armatures, on fera les calculs en flexion simple comme précédemment, mais en admettant pour contrainte de l'acier tendu au moment de la rupture

$$n'_{ex} = n'_{ex},$$

$n'_{ex}$  étant une limite élastique conventionnelle à  $x \approx 0/oo$ , où la valeur de  $x$  est déduite en fonction de  $\omega'$ ,  $S$  et  $n_{0c}$  de la façon suivante, le diagramme de l'acier étant supposé connu.

$k$	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
$x$	15,6	13,7	12	9,5	6	4,2	2,9	2	1,45	1,2	1

Cette méthode de vérification se transposerait aisément en méthode de détermination.

## VII. CAS DES SECTIONS A NERVURES ET TABLES DE COMPRESSION

Des considérations de répartition d'efforts et de sécurité au flambement conduisent à limiter la largeur de table utilisable dans le calcul à la rupture.

A cet égard, nous reprenons, en substance, les règles données dans le Formulaire du Béton Armé.

Deux cas se présentent suivant qu'on est en présence d'un réseau de nervures réunies par une table supérieure (fig. 1), ou d'une nervure isolée comportant de part et d'autre une table de compression en porte à faux (fig. 2).

La limitation imposée en 3, 524 des Règles B.A. 45 doivent être observées et en particulier la largeur  $b''$  utilisée d'un côté ou de l'autre de la nervure doit être au plus égale à  $l/6$  et à  $c/2$  dans le premier cas et à  $l/6$  dans le second.

Il faut en outre une condition exprimant que la contrainte maximum de rupture  $n'_{0c}$  peut être atteinte dans la table comprimée avant que celle-ci ne périsse par flambement vertical. Pour y parvenir, on procède comme il suit.

On définit des coefficients  $k_1$  et  $k_2$  en fonction de

On pose

$$(33) \quad k = \frac{30\,000\,\omega'}{n_{0c}\,S},$$

( $n_{0c}$  en kg/cm<sup>2</sup>,  $\omega'$  et  $S$  en cm<sup>2</sup>),

et  $x$  est donné par l'échelle ci-après.

Pour des valeurs de  $k$  plus grandes que 4, on est pratiquement dans le domaine élastique et  $n'_1$  se déterminera sans correction d'après la formule

$$(34) \quad n'_1 = \varepsilon'_1 E_a.$$

En flexion composée  $n'_1$  pourra d'après (24) et (25) recevoir des valeurs quelconques entre 0 et  $n'_{ex}$ .

la caractéristique du béton  $n_{0c}$  par le tableau suivant ( $n_{0c}$  en kg/cm<sup>2</sup>)

$n_{0c}$	160	200	250	320	400	500
$k_1$	45	43	41	39	37	35
$k_2$	17	16	15	13	13	12

Premier cas : (fig. 1) On calcule  $r_1 = c/e$ .

Si  $r_1 \leq k_1$  on prend pour largeur utilisable de chaque côté

$$(35) \quad b'' = \text{Min} \left( \frac{c}{2}, \frac{l}{6} \right), \quad (1)$$

$l$  étant la portée de la poutre.

Si  $r_1 > k_1$  on prend

$$(36) \quad b'' = \text{Min} \left( \frac{c}{2} \frac{k_1^2}{r_1^2}, \frac{l}{6} \right).$$

(1) D'une façon générale la notation  $z = \text{Min}(x, y)$  signifie que  $z$  est égal à la plus petite des deux quantités  $x$  et  $y$ . De même pour le maximum.

Deuxième cas : (fig. 2). On calcule  $r_2 = u/e$ .

Si  $r_2 \leq k_2$ , on prend

$$(37) \quad b'' = \text{Min} \left( u, \frac{l}{6} \right).$$

Si  $r_2 > k_2$ , on prend

(<sup>1</sup>) On aboutit à ces résultats en utilisant ici la théorie du flambement des plaques comprimées dans leur plan (Cf. S. TIMOSHENKO, *Theory of Elastic Stability*, U.S.A., chapitre VII, 1936).

### VIII. CAS DES EFFORTS PRESQUE CENTRÉS

Les règles précédentes supposent que l'axe neutre tombe dans la section. Elles excluent donc les cas de compressions faiblement excentrées. Un calcul simple montrera pour chaque forme de section quelle est la condition d'excentricité correspondante.

Par exemple, pour une section rectangulaire, en admettant en moyenne  $d'/h = 0,10$ , on trouve (Cf. Formulaire du Béton Armé, t. I, p. 430) que la section est entièrement comprimée dès que l'on a

$$(39) \quad f_R \leq 0,56 h_1,$$

ce qui correspond à des efforts de compression presque centrés. Pour les sections entièrement comprimées on peut en général se contenter du calcul de la flexion composée en section homogène élastique, comme dans la méthode classique avec un coefficient d'équivalence  $m = 15$  et d'appliquer

$$(38) \quad b'' = \text{Min} \left( u, \frac{k_2^2}{r_2^2}, \frac{l}{6} \right)^{(1)}.$$

*Nota.* — Il peut arriver qu'on ait affaire à des poutres principales réunies par un cours de poutrelles transversales s'opposant efficacement au flambement de la dalle de hourdis. Dans ce cas la vérification ci-dessus est sans objet. Il en est en principe de même si l'axe neutre tombe dans la table de compression.

à la contrainte maximum trouvée pour le béton un coefficient de réduction  $\lambda$ . Ce calcul est fait avec  $N_R$  et  $f_R$  correspondant à l'état de référence avant rupture, cet état étant obtenu par application des coefficients de sécurité relatifs à la flexion composée comme il est dit ci-après.

Dans le cas des sections rectangulaires avec  $d'/h = 0,10$  le coefficient  $\lambda$  est donné par l'échelle ci-dessous

$f_R/h_1$	0,56	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46	0,44
$\lambda$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

Le calcul étant ainsi conduit, la contrainte maximum  $n$  du béton, obtenue en flexion composée élastique doit satisfaire à la condition

$$(40) \quad \lambda n \leq n_{0c}.$$

### IX. CONDITIONS COMPLÉMENTAIRES DE SÉCURITÉ

#### 1. Effort tranchant.

Les règles précédentes supposent qu'il n'y a pas de cisaillement appréciable dans la section de rupture. C'est en général le cas pour les moments positifs en travée, mais il peut aussi en être autrement, en particulier dans le cas des moments négatifs sur appuis. Pour en tenir compte, on admettra que les choses se passent comme s'il n'y avait pas de cisaillement, la résistance caractéristique du béton  $n_0$  étant affectée d'un coefficient

de réduction  $\theta_1$ , c'est-à-dire qu'on prendra la valeur corrigée

$$n_{0c} = \theta_1 n_0.$$

Si  $t_R$  est la contrainte tangentielle maximum dans la zone comprimée du béton et dans l'état de référence, cette contrainte étant calculée par la formule classique  $t_R = \frac{T_R}{b'z}$  le coefficient de réduction  $\theta_1$ , déterminé en admettant la théorie de la rupture de Mohr-Caquot est donnée par l'échelle suivante (<sup>1</sup>)

$t_R/n_0$	0	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
$\theta_1$	1	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,84	0,80	0,75	0,66

(<sup>1</sup>) Au niveau de la fibre neutre on connaît le cisaillement  $t_R$  dans le plan de la section et dans le plan orthogonal à ce plan et au plan de flexion, ce qui permet de tracer l'épure de Mohr correspondant à  $t_R$  et à  $n_0$ . Le coefficient  $\theta_1$  est sensiblement égal à  $n_0$  divisée par la plus grande contrainte principale qui se déduit de l'épure.

## 2. Variabilité des efforts appliqués.

Les coefficients de majoration prévus par les règlements classiques pour les efforts dynamiques seront appliqués, et en plus, si dans les sections les plus sollicitées les contraintes calculées élastiquement dans les diverses conditions pouvant se présenter en service sur une même fibre extrême comprimée ou tendue et pour une même section, présentent un minimum compris entre le 1/3 et les 2/3 de leur maximum, on adoptera un coefficient de réduction  $\theta_2 = 0,90$ . Si le rapport minimum/maximum est compris entre 0 et 1/3, on prendra  $\theta_2 = 0,80$ . S'il y a des renversements d'efforts on prendra  $\theta_2 = 0,70$  et l'on adoptera pour la caractéristique du béton la valeur corrigée

$$(41) \quad n_{0c} = \theta_2 n_0,$$

et en cas de cumul des effets des § 1 et § 2 on prendra

$$(42) \quad n_{0c} = \theta_1 \theta_2 n_0.$$

Pour éviter les inconvénients des règles discontinues on pourra avec avantage adopter des coefficients à variation continue.

## 3. Rigidité.

Les limitations d'armatures prévues dans les règles précédentes écartent en général les pièces trop élancées et trop flexibles. On s'assurera toutefois, si ce n'est évident, que les flèches élastiques en service répondent aux conditions suivantes.

Les flèches seront calculées en tenant compte de la résistance à la traction du béton et avec le coefficient d'élasticité  $E_0$  pour les charges rapidement variables (durée d'application inférieure à 24 h). Pour les charges et surcharges permanentes ou lentement variables, on prendra  $E_1 = E_0/3$ .

Les flèches ainsi calculées ne devront pas dépasser une certaine fraction de la portée qui sera fixée dans chaque cas particulier à une valeur pouvant varier entre 1/500 et 1/1 000.

En cas de poutres minces isolées on devra se préoccuper de la stabilité au déversement.

## 4. Fissuration.

On ne peut éviter la fissuration d'une façon absolue et d'autre part des fissures suffisamment fines ne sont pas dangereuses au point de vue de la corrosion. Les chiffres extrêmes qui ont été mis en avant par les différents auteurs pour la limite admissible de largeur des fissures varient de 12 à  $60 \times 10^{-2}$  mm selon que les ouvrages sont exposés ou non à des fumées ou vapeurs corrosives. En moyenne des largeurs de fissures de 25 à  $30 \times 10^{-2}$  mm paraissent acceptables. L'essentiel est que les fissures soient fines et bien réparties parce qu'alors elles se colmatent ou même se réparent

automatiquement par nourrissement progressif des cristaux hydratés du ciment.

Les circonstances qui influent le plus pour retarder l'apparition des fissures et diminuer leur importance sont

- la haute qualité du béton;
- la mise en charge tardive (retrait moins dangereux);
- la diminution du retrait par une bonne compacité;
- les armatures de petits diamètres, bien réparties;
- les armatures à adhérence améliorée qui en général diminuent la largeur des fissures en augmentant leur nombre.

Quant à la résistance aux efforts appliqués, elle est assurée dans tous les cas, le béton armé se comportant après fissuration comme un complexe formé de blocs cousus ensemble par les armatures, étant entendu que la disposition de ces armatures a été conçue sans jamais perdre de vue ce principe essentiel.

Il en résulte que suivant la destination et les conditions d'exploitation des ouvrages on pourra toujours, en calcul à la rupture, choisir des coefficients de sécurité suffisants pour les garantir contre la fissuration dangereuse.

Nous nous contenterons, pour faciliter ce choix, de citer quelques chiffres provenant de divers expérimentateurs.

Les largeurs maxima des fissures généralement observées en fonction de la charge appliquée sont les suivantes :

— sous le quart de la charge de rupture.....	2 à $10 \times 10^{-2}$ mm
— sous la moitié de la charge de rupture.....	5 à $20 \times 10^{-2}$ mm
— sous les trois quarts de la charge de rupture.....	10 à $40 \times 10^{-2}$ mm,

les chiffres inférieurs concernant principalement les petites poutres et les chiffres supérieurs les grandes poutres.

Il semble en conclusion qu'avec des bétons de qualité et des armatures de diamètres relativement faibles et bien réparties et possédant une limite élastique conventionnelle d'au moins  $48 \text{ kg/mm}^2$ , on puisse accepter sans danger des contraintes de l'acier de  $25 \text{ kg/mm}^2$  en service, surtout s'il s'agit de surcharges maxima rarement appliquées.

## 5. Comportement élastique.

On doit enfin s'assurer, si ce n'est évident ce qui sera le cas général, que la pièce ainsi calculée à la rupture se comporte d'une façon sensiblement élastique sous les charges en service.

A cet effet, un calcul fait par les méthodes classiques avec le coefficient d'équivalence  $m = 15$  doit faire ressortir des contraintes d'acier tendu inférieures à  $n'_e$  et des contraintes de béton inférieures aux  $7/10$  de  $n_0$ .

## X. EFFORT TRANCHANT A LA RUPTURE

En l'état actuel de l'expérimentation, les conditions de résistance à l'effort tranchant au moment de la rupture ne peuvent pas être considérées comme bien élucidées. Cela tient à l'insuffisance d'essais systématiques, due elle-même à la difficulté de réaliser des pièces d'essais susceptibles de se rompre par effort tranchant pur. Il semble cependant qu'on puisse dégager de certains essais récents de M. Lebelles les faits suivants qui auraient besoin d'être confirmés et précisés.

1<sup>o</sup> En l'absence complète de ligatures le bras de levier effectif  $z$  pour la détermination de la contrainte de cisaillement est celui de la pièce homogène, soit environ les  $2/3$  de  $h$  et non pas le bras de levier du couple dans le calcul de flexion.

2<sup>o</sup> La rupture se produit souvent pour une valeur de la contrainte  $\frac{3}{2} \frac{T_R}{b'h}$  (cas des sections rectangulaires) inférieure à celle à laquelle on devrait s'attendre, soit sensiblement  $n'_e$ . La déficience peut atteindre environ 30 % sans qu'on puisse donner une explication bien claire de cet écart (le retrait y est sûrement pour une part).

3<sup>o</sup> Quand il existe un moment de flexion en même temps qu'un effort tranchant, la présence des armatures longitudinales résistant au moment exerce une influence favorable sur la résistance à l'effort tranchant de sorte qu'il est difficile de dissocier les deux effets.

4<sup>o</sup> En présence de ligatures et jusqu'à un niveau minimum d'armatures transversales, relativement faible, ces armatures n'apportent aucun relèvement de l'effort tranchant de rupture.

5<sup>o</sup> Ce seuil correspond environ à 20, à 25 % des ligatures nécessaires d'après la théorie classique, et quand il est dépassé l'effort tranchant s'élève très rapidement et plus que ne l'indiquerait la théorie classique.

## XI. FIXATION RATIONNELLE DES COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ

Nous avons indiqué dans l'introduction, l'interprétation à adopter pour les coefficients de sécurité. Le cas des cheminées par exemple est caractéristique : le vent a une action défavorable, mais le poids a une action favorable sur la sécurité. C'est pourquoi les cheminées calculées par la méthode des taux de contraintes en service se rompent au point faible, c'est-à-dire au tiers environ de la hauteur.

Dans la théorie classique, en *flexion simple* le

6<sup>o</sup> Les ligatures déterminées d'après les règles classiques actuelles paraissent surabondantes, dans une proportion variable suivant les circonstances.

Dans ces conditions, on ne peut formuler, pour le calcul à la rupture de l'effort tranchant que des indications provisoires, et le mieux en attendant que la question soit éclaircie est de s'en tenir aux règles classiques B.A. 45 en remplaçant les charges et les contraintes en service par les charges et contraintes correspondant à l'état de rupture.

Ainsi, pour l'effort tranchant, on prendra l'effort de rupture  $T_R$  correspondant aux efforts en service majorés par les coefficients de sécurité comme il est expliqué ci-après.

Pour la contrainte de l'acier on prendra la limite élastique  $n'_e$  au lieu de  $R'_a$ .

Pour les contraintes du béton, on prendra ce qu'on peut considérer comme correspondant à une pseudo-limite élastique pour les sollicitations correspondantes, c'est-à-dire les  $7/10$  de  $n_{0e}$  à la place de  $R_b$  et les  $7/10$  de  $n_r$  à la place de  $R'_b$ .

Par exemple, pour les armatures en acier doux et un béton correspondant à  $n_0 = 250$  kg/cm<sup>2</sup> on prendra

$$n'_e = 2\ 400 \text{ kg/cm}^2$$

au lieu de

$$R'_a = 1\ 440 \text{ kg/cm}^2;$$

$$0,7 \times 250 = 175 \text{ kg/cm}^2$$

à la place de

$$R_b = 72 \text{ kg/cm}^2$$

et

$$\hat{0,7} \times 17,5 \text{ kg/cm}^2$$

à la place de

$$R'_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2.$$

Dans les hourdis nervurés les armatures transversales de liaison se calculeront suivant les mêmes principes.

## COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ

coefficients de sécurité résultant se trouvent voisins de 2 en général et diminuent jusque vers 1,75 en cas de pourcentage élevé d'acier tendu. Dans les hourdis il est variable et généralement plus élevé. En *compression simple*, il est de l'ordre de 2,50 si le calcul tient compte des aciers comprimés.

Il est désirable que dans les cas moyens, la théorie à la rupture assure la même sécurité, soit 1,75 à 2 en *flexion simple* et 2 à 2,50 en *flexion*

composée suivant l'excentricité variable depuis l'infini jusqu'à zéro, tout en se réservant de le faire varier en plus ou en moins autour de la moyenne suivant les circonstances.

Les principales conditions qui doivent influer dans un sens ou dans l'autre sur le coefficient de sécurité sont les suivantes :

- nature et destination de l'ouvrage (bâtiments, ouvrages d'art, exposition aux intempéries, nécessité d'étanchéité, constructions provisoires);

- nature des éléments (poutres minces, hourdis, poteaux);

- qualité des matériaux (dispersion plus ou moins grande dans les résistances des ciments, armatures à adhérence améliorée);

- gravité des dommages éventuels (sur les personnes et sur les biens);

- qualité de la surveillance et de l'exécution;

- nature des sollicitations (importance relative des surcharges aléatoires);

- conception de l'ouvrage (les ouvrages hyperstatiques ont une réserve de résistance par rapport aux ouvrages isostatiques);

- conduite des études (prise en compte plus ou moins précise des facteurs de température et de retrait; certitude plus ou moins grande dans la connaissance des efforts).

En définitive, on sera conduit à faire varier le coefficient de sécurité entre 1,50 et 2,50, sans descendre au-dessous de 1,50 pour la charge permanente et de 1,70 pour la surcharge.

Un coefficient de sécurité de 2 laisse une marge disponible qui n'a qu'une chance sur 100 000 d'être épuisée, si l'on admet dans les conditions de calcul et de chantier un écart quadratique moyen égal à 12 %. Cette chance s'élève à 1/10 000 si l'écart quadratique moyen passe à 14 %. On voit l'importance du soin apporté dans les études et les exécutions.

Pour la flexion simple on fera le calcul à la rupture avec une intensité de charge  $\sigma_1 p + \sigma_2 s$ <sup>(1)</sup>, ce qui, en posant  $s/p = \beta$  donnera une sécurité globale de

$$(43) \quad \sigma = \frac{\sigma_1 p + \sigma_2 s}{p + s} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 \beta}{1 + \beta}.$$

$h/a_R$	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,50	2,0	2,50	3,0	4,0	$\geq 6$
$\gamma$	1	1,02	1,05	1,07	1,10	1,14	1,18	1,22	1,23	1,24	1,25

(1) Cette notation suppose que les charges permanentes et les surcharges sont uniformément réparties. Dans le cas général des charges et surcharges quelconques, il suffit de remplacer  $p$  et  $s$  respectivement par les moments dus aux charges permanentes et aux surcharges dans les sections les plus sollicitées en flexion.

Le coefficient  $\sigma_1$  est déterminant, pour les faibles valeurs de  $\beta$ . Dans ce cas  $\sigma_1$  ne doit pas être inférieur à 1,5 sinon on courerait le risque de dépasser le domaine élastique en service pour le béton, surtout avec de forts pourcentages d'acier tendu (c'est-à-dire que  $R_b$  risquerait de dépasser  $0,7 n_{0e}$ ). Quand  $\beta$  est grand, l'application d'un coefficient de majoration sur  $p$  n'a pas grande signification. Il est donc convenable d'adopter pour  $\sigma_1$  un coefficient dégressif quand  $\beta$  augmente. Nous proposons de prendre

$$(44) \quad \sigma_1 = 1 + \frac{1}{2 + \beta},$$

valeur qui, dans le cas moyen où l'on adopterait pour  $\sigma_2$  la valeur 2, donne pour la sécurité globale

$$(45) \quad \sigma = \frac{2\beta^2 + 5\beta + 3}{\beta^2 + 3\beta + 2},$$

quelques valeurs caractéristiques étant données par le tableau suivant

$\beta$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma$
0	1,50	2	1,50
1	1,33	2	1,67
2	1,25	2	1,75
4	1,17	2	1,83
6	1,125	2	1,875
10	1,08	2	1,92
$\infty$	1	2	2,00

En flexion composée, suivant le rapport compression normale/moment fléchissant, compris entre zéro pour la flexion simple et l'infini pour la compression centrée, il est nécessaire pour se raccorder aux règles usuelles de la théorie classique d'appliquer aux coefficients nécessaires pour avoir la sollicitation la plus défavorable avec le coefficient de sécurité effectivement choisi, un facteur de majoration  $\gamma$ , variable avec l'excentricité et défini par l'échelle suivante ( $a_R$  étant l'excentricité de  $N_R$  par rapport au centre de gravité de la pièce) valable en principe pour les sections rectangulaires et approximativement pour les autres sections.

L'introduction du facteur de majoration  $\gamma$  se justifie par le fait que la résistance du béton n'est connue qu'avec une dispersion plus grande que celle de l'acier, et que relativement au béton, l'acier joue un rôle plus important en flexion simple qu'en compression simple.

L'échelle des valeurs de  $\gamma$  a été établie en concordance avec la règle classique qui fixe la contrainte

admissible du béton aux 28/100 de la résistance en compression à 90 jours. Dans le cas des éléments fabriqués en grande série, en atelier couvert et sous certaines garanties, les 28/100 sont remplacés par les 33/100 (B.A. 45, règle 2,21). L'échelle du tableau ci-dessus serait alors à ordonner de 1 à 1,15 au lieu de l'être de 1 à 1,25.

## XII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

On trouvera une importante bibliographie sur la question dans les mémoires suivants :

MOENAERT (P.), *La flexion plane composée des pièces prismatiques en béton armé*. Méthode de calcul à la rupture. *Ann. I.T.B.T.P.* Paris, pp. 305-334, mars-avril 1954.

CHAMBAUD (R.), *Le calcul à la rupture par flexion des poutres en béton armé à faible pourcentage d'armature tendue*. *Ann. I.T.B.T.P.* Paris, pp. 571-593, juin 1954.

(*Reproduction interdite.*)

SUPPLÉMENT AUX

# ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

JANVIER 1956

Neuvième Année, N° 97

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (50).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

## Journée de COUVERTURE-PLOMBERIE

(12 mars 1955)

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. Henri CHARLENT**,

Président de l'Union des Patrons Installateurs Sanitaires et Couvreurs de France

### *Recherches techniques françaises*

#### **Étude des anti-béliers**

par **M. FOURGEAUD**

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

#### **Étude de la corrosion des canalisations de vidange**

#### **Attaque des tuyaux par la flore microbienne de l'eau**

par **M. DAUPHIN**

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

#### **Essais d'usure sur les robinets et les garnitures**

par **M. MARÉCHAL**

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

#### **Précautions à prendre pour la mise en œuvre du zinc**

par **M. BROCARD**

Chef de Service au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

### *Techniques nouvelles*

#### **Les matières plastiques dans la plomberie**

par **M. GUILLAUD**

Président honoraire de la Commission Technique de la Couverture et Plomberie

#### *Ce qu'ils ont vu en Amérique*

#### **Le marché du bâtiment, la main-d'œuvre, les techniques et les matériaux**

par **M. DELACOMMUNE**

Membre du Conseil d'Administration de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture et Plomberie de Paris et de la Seine

#### **La construction**

par **M. CHARLENT**

Professeur aux Cours de Brevet professionnel

#### **L'enseignement et la formation professionnelle**

par **M. BRUYÈRE**

Inspecteur de l'Enseignement Technique

#### **L'apprentissage**

par **M. AUBRY**

Membre du Conseil d'Administration de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture et Plomberie de Paris et de la Seine

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS  
UNION DES PATRONS INSTALLATEURS SANITAIRES ET COUVREURS DE FRANCE

## AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Nous allons inaugurer aujourd'hui une forme nouvelle d'activité de l'Union des Patrons-Installateurs sanitaires et Couvreurs de France, c'est-à-dire des conférences.

Je suis un peu étranger à l'élaboration de l'ensemble du programme, que je trouve très chargé; aussi les conférenciers vont-ils vous donner la synthèse de leur travail; des exposés complets feront l'objet de parutions dans les Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

Je dois vous indiquer dès maintenant que nous pensons faire de ces conférences la structure des communications qui constitueront l'apport de la collaboration française à l'ensemble des études scientifiques de notre métier, lors du prochain congrès de Rome.

### RÉSUMÉS

#### Étude des anti-béliers.

Des essais sur les différents modèles d'appareils anti-béliers ont été entrepris à l'effet de les classer selon leur efficacité.

M. FOURGEAUD donne dans son exposé les résultats de ces essais et les conclusions qui en découlent.

Les appareils essayés sont du type mécanique ou du type pneumatique.

Des essais, il ressort que les appareils mécaniques ne permettent pas d'obtenir un amortissement suffisant du coup de bélier, alors que les appareils pneumatiques se sont révélés efficaces.

En marge de ces essais, il a été effectué quelques mesures sur des tuyauteries en différents matériaux. Il a été obtenu un amortissement partiel du coup de bélier avec le plomb et le cuivre et total avec une matière plastique.

#### Étude de la corrosion des canalisations de vidange.

##### Attaque des tuyaux par la flore microbienne de l'eau.

Une première étude de M. DAUPHIN sur la « Corrosion des canalisations de vidange » a consisté à faire circuler, dans des tronçons de tube en acier protégé ou non, diverses solutions synthétisant les eaux de vidange ménagères. Il ressort des essais que les tubes en acier sont protégés efficacement par les peintures bitumineuses bien adhérentes et la résistance du tube en acier spécial n'est pas nettement supérieure à celle du tube en acier ordinaire.

Une seconde étude de M. DAUPHIN concernait « l'attaque des tuyaux en fonte ou en acier par la flore microbienne de l'eau ». La détection peut se faire par l'analyse de l'eau ou par culture avec les produits de corrosion. L'acier peut être protégé par une peinture bitumineuse, l'eau être traitée chimiquement. Parfois aucun traitement n'est efficace et l'eau est à rebouter.

#### Essais d'usure sur les robinets et les garnitures.

M. MARÉCHAL a procédé à des « essais d'usure sur les robinets et les garnitures ». Il a enregistré les efforts exercés par différentes personnes lors de la manœuvre des robinets et constaté que ces efforts sont très supérieurs à la réaction du robinet. Il a fait une enquête sur la durée d'existence des robinets; il en ressort que la durée moyenne des robinets d'évier est de dix ans. Il a enfin conçu une machine réalisant la manœuvre automatique des robinets et permettant de classer ceux-ci suivant leur action d'usure sur les garnitures.

### SUMMARIES

#### Study of the water hammer preventing devices.

Tests were carried out on the various apparatuses employed to prevent the water hammer effect with the object of classifying them according to their efficacy.

Mr FOURGEAUD gives in his report the results of these tests with the conclusions that are drawn from them.

The apparatuses tested were either of the mechanical or pneumatic types.

From the tests it is shown that the mechanical types do not give an adequate absorption of the water hammering, whereas the pneumatic types are efficient.

In addition to these tests, further tests were carried out on pipes of different materials. With lead and copper a partial absorption of the hammering was obtained, but with plastic material the absorption was complete.

#### Study on the corrosion of drainage conduits.

##### Attack on pipes by the microbic flora of the water.

An earlier study by Mr DAUPHIN on the corrosion of drainage conduits consisted of circulating, in sections of protected or unprotected steel tubes, various solutions representing household drainage waters.

From these tests it is shown that steel tubes are effectively protected by strongly adhering bituminous paints and that the resistance of tubes in special steel is not significantly superior to that of tubes in ordinary steel.

A further study by Mr DAUPHIN concerns the attack on tee and cast-iron tubes by microbic flora of the water.

Detection is possible by analysis of the water or by culture with the products of corrosion. Steel may be protected by bituminous paint and the water treated chemically.

Sometimes, no treatment is effective and the water itself must be rejected.

#### Wear tests on taps and fittings.

Mr MARÉCHAL has effected wear tests on taps and fittings. He has recorded the efforts expended by different persons in operating taps and stated that these efforts are far superior to the reactions of the taps.

He has also made an enquiry on the life of taps and concluded that the average life of a sink tap is ten years. He has conceived a machine for automatically operating taps to permit their classification according to their wearing actions on the fittings.

# Recherches techniques françaises

## ÉTUDE DES ANTI-BÉLIERS

par M. FOURGEAUD,

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

Etant donné la multitude d'appareils dits « anti-béliers » se trouvant sur le marché, la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture-Plomberie a demandé au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics d'étudier ces appareils pour les classer d'après leur efficacité et éventuellement rebouter les plus mauvais.

### INSTALLATION DE L'ESSAI

Pour cette étude le Laboratoire a réalisé une installation type sur laquelle on a volontairement donné naissance à des suppressions brutales appelées « coups de béliers ». Il est bien évident que chaque installation présente un cas bien déterminé et que les appareils anti-béliers doivent en quelque sorte s'adapter à ces cas particuliers. Toutefois l'installation arbitraire choisie pour ces expériences se retrouve toujours en partie dans le bâtiment. En effet, nous avons installé une colonne

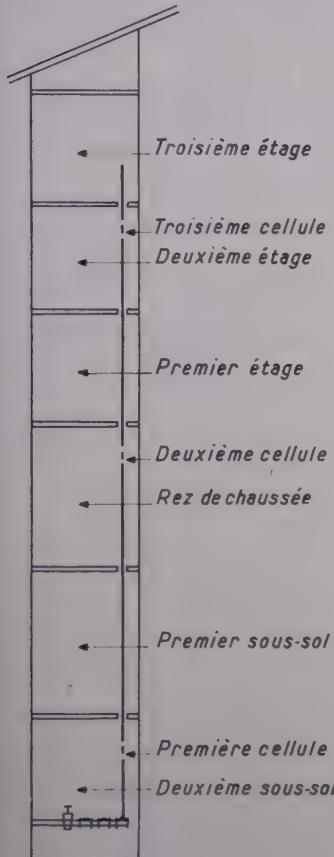


FIG. 1.

montante de 20 m de haut environ destinée dans une installation normale à recevoir les piquages alimentant chaque étage (fig. 1).

### L'installation d'essai comprend :

1<sup>o</sup> Une colonne montante qui est constituée par un tube acier  $20 \times 27$  branché à l'étage inférieur sur une nourrice d'alimentation de  $60 \times 70$  par l'intermédiaire d'une vanne de pression  $20 \times 27$ , d'un clapet de retenue  $26 \times 34$  et d'un robinet à boisseau  $26 \times 34$  (fig. 2);

2<sup>o</sup> Trois cellules en laiton de  $12/10$  d'épaisseur dont on mesure les déformations (fig. 3).

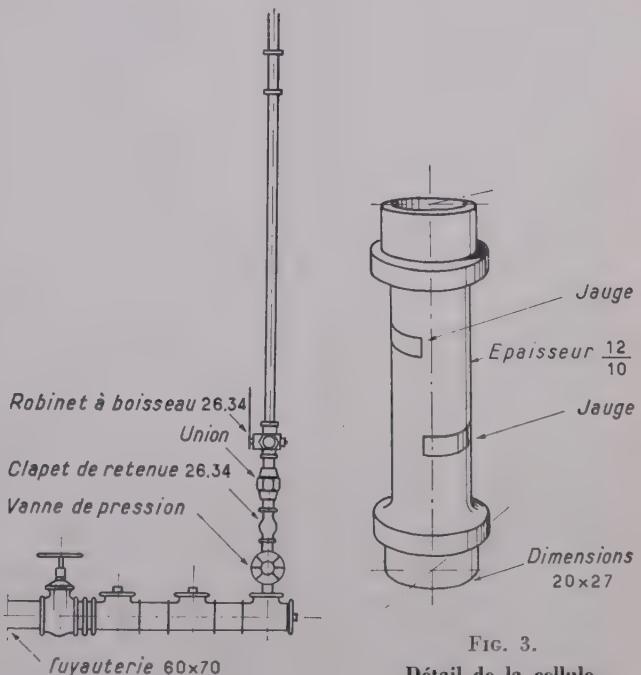


FIG. 2.

FIG. 3.  
Détail de la cellule  
de mesure.

La mesure elle-même est très simple : deux jauge à fil résistant collées sur chaque cellule affichent par l'intermédiaire d'un pont de Wheatstone, d'un amplificateur et d'un appareil enregistreur, leurs variations de longueur sur un film et par suite les variations de pression de la colonne montante.

3<sup>o</sup> Un générateur de coups de béliers : nous avons choisi pour cela un robinet à boisseau  $26 \times 34$  placé au bas de la colonne montante.

La fermeture du robinet étant manuelle, nous avons doté le robinet à biseau d'un témoin, une simple came qui déclenche un contact au début et en fin de fermeture du robinet. Ce qui nous permet de déterminer à chaque fois les conditions d'essais, et de s'assurer que ce sont bien les mêmes (fig. 4).

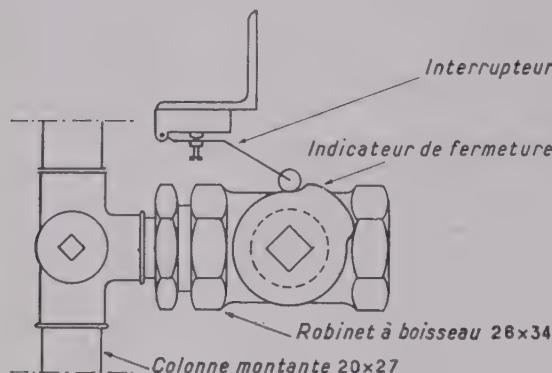


FIG. 4.

Un étalonnage préalable de chaque cellule sous pression statique (fig. 5) permet d'interpréter les enregistrements dynamiques avec une précision suffisante pour chiffrer l'ordre de grandeur des surpressions.

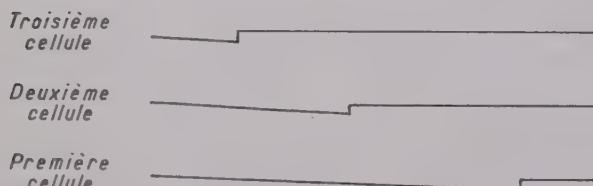


FIG. 5.

La figure 6 montre un enregistrement des surpressions en trois points de la conduite, après fermeture brutale du robinet à biseau, et une échelle des temps donnée par le courant cinquante périodes.

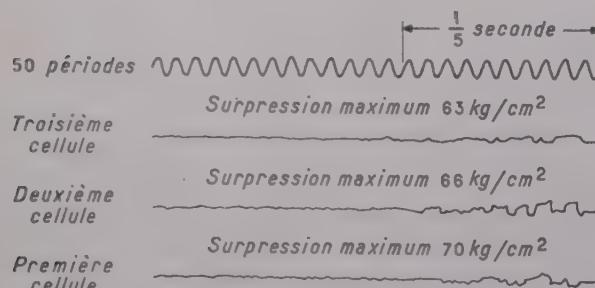


FIG. 6.

### Appareils anti-béliers.

Ces appareils peuvent être classés en deux catégories :

1<sup>o</sup> **Anti-béliers mécaniques** comportant un piston étanche ou non, un ressort destiné à absorber les surpressions accidentelles, l'ensemble disposé avec toutes les variantes possibles et imaginables (fig. 7).

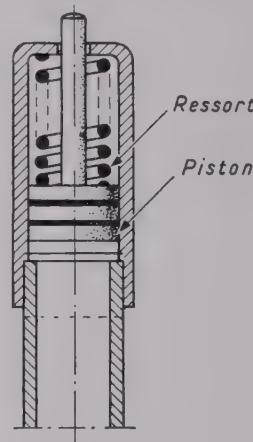


FIG. 7.

Schéma de principe d'un anti-bélier mécanique.

2<sup>o</sup> **Anti-béliers pneumatiques** comportant une enveloppe métallique dans laquelle se trouve une vessie gonflée à l'air par l'intermédiaire d'une valve. La retenue de cette vessie est assurée à l'intérieur de l'enveloppe par une soupape ou une grille (fig. 8).

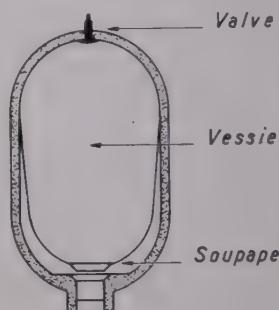


FIG. 8.

Schéma de principe d'un anti-bélier pneumatique.

Bien entendu, on trouve dans cette catégorie toute une gamme d'appareils de différentes capacités.

### ESSAIS

Les essais réalisés avec le dispositif décrit ci-dessus ont permis d'avoir une vue d'ensemble sur les appareils types de ces deux catégories.

#### 1<sup>o</sup> Anti-béliers mécaniques.

La figure 9 reproduit un certain nombre d'enregistrements réalisés sur la conduite d'essai sans anti-bélier et ensuite avec quelques appareils mécaniques. Comme on le voit ces appareils ne donnent pas satisfaction, le plus favorable amortit le coup de bélier de 50 %. Certains de ces appareils même, pulvérissent de l'eau au cours de l'essai ce qui est très fâcheux.

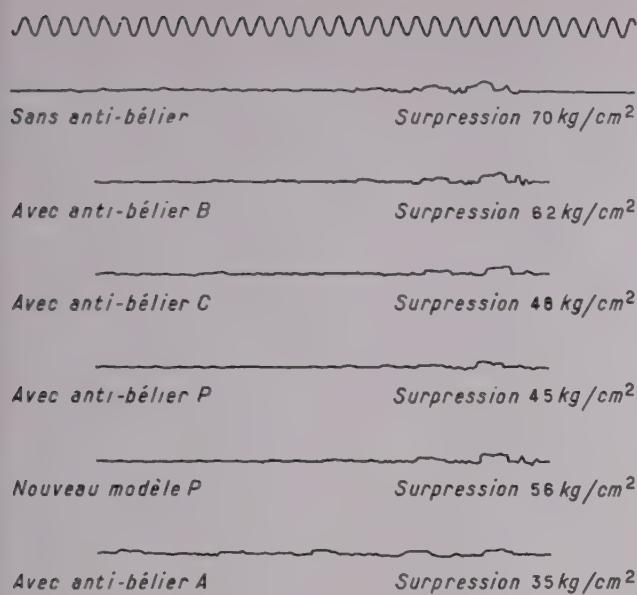


FIG. 9.

Bien entendu, on peut dire que la surpression est ici très importante, trop peut-être vis-à-vis des installations courantes. Mais des essais avec des surpressions de l'ordre de 4 à 5  $\text{kg/cm}^2$  ont été faits avec ces mêmes appareils et n'ont pas donné de meilleurs résultats.

Donc, on peut dire que d'un bout de l'échelle à l'autre ces appareils ne sont pas ou peu efficaces.

## 2<sup>e</sup> Anti-béliers pneumatiques.

La figure 10 représente les enregistrements réalisés en premier lieu sur la conduite sans appareils et ensuite après montage de deux appareils pneumatiques de capacité différente.

On a vu que ces appareils avaient la possibilité, quelle que soit leur capacité, de se gonfler à différentes pressions, ce que nous avons réalisé au cours des essais.

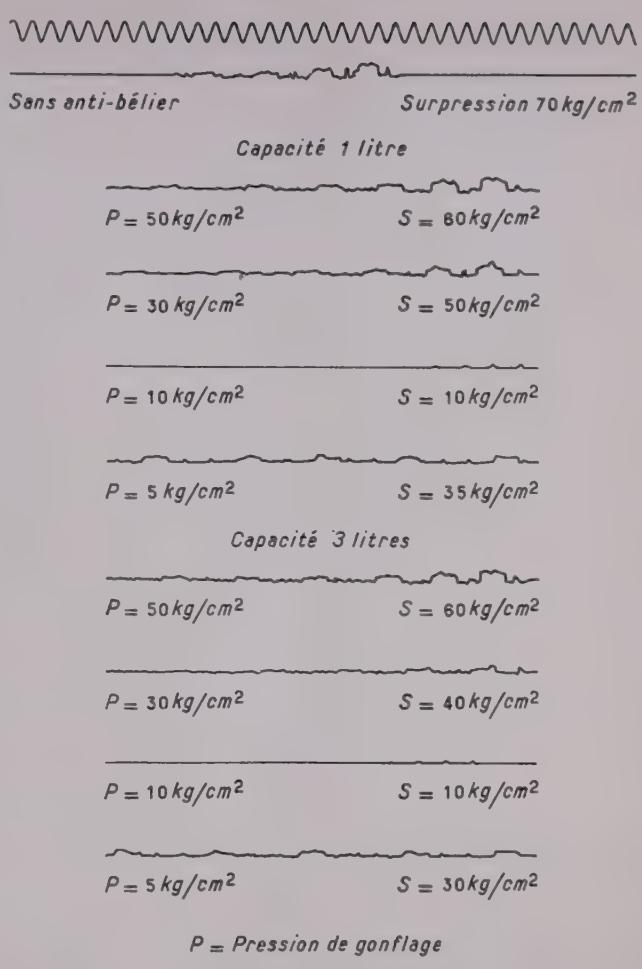
Pour les deux appareils, comme le montre les enregistrements, nous avons obtenu une pression de gonflage optimum qui a permis d'absorber presque entièrement les ondes de choc dues aux coups de béliers.

Donc, contrairement aux précédents, ces derniers appareils donnent satisfaction, à tout point de vue, en effet :

— En premier lieu ils s'adaptent à un cas bien déterminé par réglage de pression de la vessie comme on vient de le voir ;

— En deuxième lieu, les conditions de fonctionnement des appareils étant bien déterminées, ils amortissent entièrement le coup de bélier.

Ce principe très simple n'est pas nouveau, d'ailleurs la loi de Mariotte « P.V. = constante », fonction hyperbolique, le justifie pleinement, ce qui explique la grande facilité d'adaptation des appareils aussi bien pour les faibles pressions qui seront accompagnées d'une grande variation de volume, d'où réaction souple, que pour les fortes pressions qui ne seront plus accompagnées que par de faibles variations de volume, d'où raidissement de l'appareil.



$P$  = Pression de gonflage

$S$  = Surpression

FIG. 10.

## Bouteille d'air.

Tablant sur le même principe nous avons essayé un dispositif plus élémentaire qui s'est montré presque aussi efficace. Il s'agit d'une simple bouteille d'air, en l'occurrence 70 cm de tuyau de 60 × 70 fermé à une extrémité et raccordé par l'autre à la tuyauterie 20 × 27, pour plus de commodité en haut de la colonne d'essai.

La figure 11 donne les renseignements permettant la comparaison du phénomène obtenu dans la conduite avec ou sans

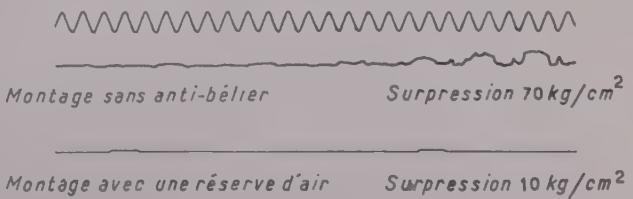


FIG. 11.

réserve d'air. Etant donné l'amortissement de la surpression, on voit que ce dispositif élémentaire est comparable aux anti-béliers pneumatiques. Malheureusement il n'est pas possible d'envisager de tels appareils dans lesquels l'air est en contact direct avec l'eau et tend à disparaître sous forme d'éмульSION entraînée, dissolution etc...

### Conclusion.

La conclusion de ces essais est immédiate, il est inutile de s'arrêter sur le choix d'appareils disposant de ressorts destinés à jouer un rôle d'amortisseur parce qu'ils sont inadaptables et insuffisants.

Par contre, les appareils pneumatiques, beaucoup plus simples, donnent toute satisfaction.

### ESSAIS SUR TUYAUTERIE

En marge des essais sur anti-béliers, nous avons étudié l'influence de l'élasticité de différents matériaux pour des colonnes montantes, en tous points analogues à celle que nous venons de voir.

En effet, supposons que l'on ait voulu pour une raison ou une autre, monter une colonne en plomb dans les mêmes conditions, elle n'aurait pu résister à des surpressions de l'ordre de  $70 \text{ kg/cm}^2$  constatées avec la colonne d'acier.

Et c'est cette inquiétude qui nous a fait reprendre quatre montages identiques pour quatre colonnes montantes :

- L'une en acier qui nous a donné la surpression importante que nous venons de voir;
- La deuxième en plomb 20 en 7;

- La troisième en cuivre  $18,8 \times 22$ ;
- La quatrième en matière plastique polyéthylène Socorex renforcé  $19 \times 28$ .

On voit sur la figure 12 que les résultats sont rassurants, l'élasticité ou la plasticité de chaque matériau jouant favorablement.

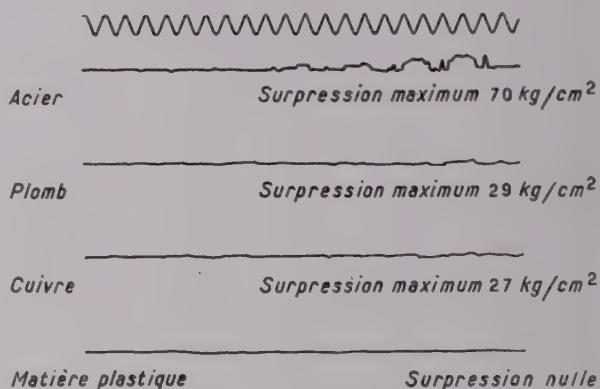


FIG. 12.

Qui sait même si la solution définitive, mais encore lointaine, ne sera pas là, obtenir la disparition des bruits et coups de béliers dans le bâtiment, par l'emploi de matériaux plastiques, bien qu'il y ait des réserves à faire sur leur résistance dans le temps.

**M. le Président.** — Je remercie le conférencier, M. Fourgeaud qui, dans un temps record, nous a appris beaucoup de choses dont l'entreprise, j'en suis convaincu, tirera grand profit.

## Recherches techniques françaises

# ÉTUDE DE LA CORROSION DES CANALISATIONS DE VIDANGE

par M. DAUPHIN,

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

A l'étranger, en particulier en Allemagne et dans les pays anglo-saxons, les tubes d'acier sont couramment employés comme tuyau de chute pour les eaux pluviales, ménagères et de toilette.

En France, cette solution n'est utilisée que rarement; il était intéressant par des essais de laboratoire d'étudier le comportement des tuyaux en acier, en particulier sous l'action des eaux ménagères, les seules eaux de vidange qui puissent être acides et entraîner une corrosion de l'acier, le tube en acier peut en effet présenter des avantages d'emploi et de prix non négligeables.

Le propre d'une canalisation de vidange est de conduire des liquides sans pression et par intermittence, il était donc nécessaire de réaliser un montage simple permettant de réaliser ces conditions.

Une pompe débite dans un bac supérieur muni d'un trop plein; à partir de ce bac on alimente trois colonnes composées de quatre éprouvettes superposées; chaque éprouvette de 300 mm de longueur comporte un échantillon de tube terminé à sa base par un tronc de cône, le liquide coule ainsi d'une éprouvette dans l'autre.

Les solutions sont préparées dans la cuve inférieure en quantité suffisante (150 litres) pour éviter les variations de concentration.

L'appareil ne fonctionne que huit heures par jour, le reste du temps les éprouvettes vides se séchent naturellement.

Le choix des solutions réalisant la synthèse des eaux ménagères a été assez délicat, nous nous sommes arrêtés aux cinq solutions suivantes :

1. Une solution d'un acide organique (acide lactique à 5 %).
2. Une solution d'eau de Javel à 10 %.
3. Une solution d'acide chlorhydrique à 2 %.
4. Une eau de lessive dosée à 1 % de savon et 5 % de carbonate de soude.
5. Une solution d'un détersif sulfoné (Mir à 2 %).

Les concentrations ont été considérablement majorées par rapport à la réalité pour tenir compte du fait que les solutions étaient toujours froides alors qu'en réalité, les eaux de vidange peuvent être chaudes; d'autre part, il était nécessaire d'accélérer l'effet de la corrosion.

Chaque solution est distribuée pendant trois jours consécutifs.

L'ensemble des cinq solutions représente un cycle complet; ce cycle est repris trois fois pour les mêmes éprouvettes, on fait alors circuler pendant quelques minutes une solution bouillante de potasse.

Les éprouvettes soigneusement lavées à l'eau claire et séchées sont pesées avant les essais, et après chaque cycle, la perte de poids caractérisant l'intensité de la corrosion, chaque série type se compose de trois éprouvettes.

Au cours d'une première série d'essais, les éprouvettes soumises à la corrosion étaient fabriquées à partir :

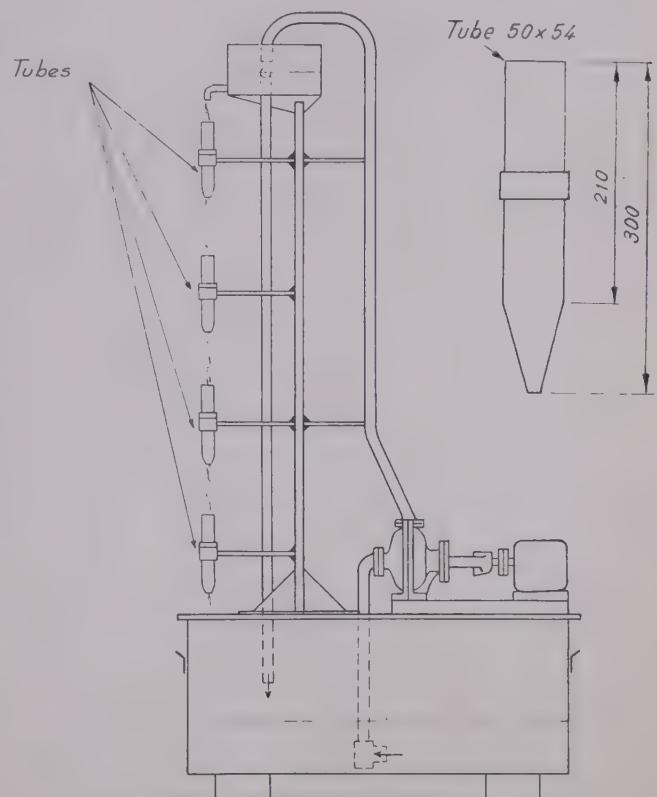


FIG. 1. — Dispositif d'essai.

- a) d'un tube en acier qualité noire de 50 × 54;
- b) d'un même tube protégé intérieurement à l'aide d'une peinture bitumineuse A;

c) d'un même tube protégé intérieurement à l'aide d'une autre peinture bitumineuse B;

d) d'un tube de même dimension en acier spécial contenant un faible pourcentage de cuivre sans protection.

Les peintures ont été appliquées sans aucune préparation des surfaces.

Un premier classement par perte de poids croissante était établi :

1. Acier noir protégé avec la peinture A;
2. Acier noir protégé avec la peinture B;
3. Acier spécial sans protection;
4. Acier qualité noire sans protection.

**Perte de poids en grammes**  
(Moyenne de trois éprouvettes)

	Acier ordinaire sans protection	Acier ordinaire protégé				Acier spécial au cuivre	Plomb		
		Peinture bitumineuse A		Peinture bitumineuse B					
		Fraîche	Vieillie	Fraîche	Vieillie				
Au cours du premier cycle.	11	4	4	2	12	9	33		
Au cours du deuxième cycle.	21	2	1	3	4	13	26		
Au cours du troisième cycle.	9	1	0	3	8	12	23		
Total	40	7	5	8	24	34	82		

Toutefois, deux remarques importantes nous ont amenés à reprendre ces essais. En effet, souvent les éprouvettes débordaient, d'où une certaine corrosion de la face extérieure qui n'était jamais protégée, cette corrosion était irrégulière d'une éprouvette à l'autre, d'autre part les résultats obtenus sur éprouvettes protégées pouvaient être favorisées par le fait que ces peintures étaient d'une application très récente.

Une deuxième série d'essais a donc été entreprise, les conditions d'essai étant les mêmes, à savoir :

- Dimensions d'éprouvettes identiques;
- Cycles de corrosion identiques.

Toutes les éprouvettes ont été protégées extérieurement à l'aide de la peinture bitumineuse ayant donné les meilleurs résultats précédemment; une couche de cette peinture était appliquée avant chaque cycle.

Les essais ont porté sur sept types d'éprouvettes :

- a) Tube en acier qualité noire;
- b) Même tube protégé intérieurement à l'aide de la peinture A appliquée récemment;
- c) Même tube protégé intérieurement à l'aide de la peinture A vieillie artificiellement;
- d) Même tube protégé intérieurement à l'aide de la peinture B appliquée récemment;
- e) Même tube protégé intérieurement à l'aide de la peinture B vieillie artificiellement;
- f) Tube en acier spécial;
- g) Tube en plomb.

Le vieillissement artificiel des peintures bitumineuses a été obtenu par immersions répétées dans l'eau à 70°C (3/4 d'heure d'immersion, puis séchage d'1/4 d'heure à l'air ambiant), ce traitement a duré 360 heures coupé par trois repos de 45 heures.

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-dessus :

On constate que les peintures bitumineuses protègent efficacement le tube d'acier à condition toutefois de rester parfaitement adhérentes après vieillissement, les pertes de poids plus importantes constatées avec la peinture sont en effet dues à la détérioration de la couche protectrice qui s'est écaillée. L'acier spécial faiblement allié se corrode légèrement moins que l'acier ordinaire. Les résultats obtenus sur les éprouvettes de plomb sont imputables à l'entraînement de la couche d'oxyde qui s'était formée sur la face interne de la partie conique de l'éprouvette au cours de sa préparation; la perte de poids de ces éprouvettes est régulièrement décroissante. Il est certain que si les essais avaient été prolongés, elle se serait annulée alors que celle de l'acier se serait stabilisée pour une valeur non nulle.

Compte tenu des résultats et des conditions rigoureuses de ces essais de corrosion accélérée, il est permis de conclure que l'emploi du tube en acier pour les conduites de vidange d'eaux usées est acceptable, la réalisation d'une couche protectrice à l'aide d'une peinture bitumineuse convenablement choisie assurant une sécurité totale.

Dans le cas où le tube devra être employé nu, il sera nécessaire de s'assurer que son état de surface interne est satisfaisant, des arrachements de métal, des gerçures pouvant en effet être le siège de corrosions localisées graves; pour la même raison, les bavures internes pouvant provenir des coupes seront ébarbées.

Le problème des joints qui a évidemment échappé à notre expérimentation sera particulièrement étudié, le raccord sera en acier sinon un isolement spécial sera prévu; en effet si les raccords sont d'un métal autre que l'acier, il pourra se créer en présence des solutions évacuées, des phénomènes de pile électrolytique d'où une corrosion rapide du métal le moins noble.

# ATTAQUE DES TUYAUX PAR LA FLORE MICROBIENNE DE L'EAU

par M. DAUPHIN.

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

La corrosion est un phénomène de transformation par lequel un métal passe de l'état élémentaire à celui de combinaison. Les causes de cette transformation peuvent être multiples, elles sont d'ordre physique ou électro-chimique.

Les conséquences de la corrosion sont nombreuses et toutes les industries ont à résoudre des problèmes de corrosions; les tonnages de divers métaux détruits annuellement par processus corrosifs sont considérables; l'étude des causes de corrosion et des mesures préventives est très délicate tant les paramètres dans chaque cas sont nombreux et relèvent de sciences diverses.

Le problème des canalisations n'est pas l'un des moins importants, les canalisations en effet sont généralement enterrées et peuvent alors être exposées à une attaque externe ou à une attaque interne.

Nous nous bornerons aujourd'hui à étudier un processus particulier de corrosion interne des conduites d'eau en acier.

Toute eau attaque le fer dès que son pH est inférieur à 9,5 mais cette attaque est généralement entravée par un dépôt protecteur carbonaté que l'eau dépose sur le métal, ce résultat ne peut toutefois être atteint que si trois conditions sont remplies simultanément :

1. L'eau doit avoir une dureté carbonatée suffisante;
2. L'eau ne doit pas contenir d'acide carbonique agressif;
3. Le pH de l'eau doit être tel que la vitesse d'attaque du métal en l'absence de protection soit lente. Pour les métaux ferreux il faut qu'il soit supérieur à 7,4 pour des eaux normalement minéralisées.

Lorsque ces trois conditions sont satisfaites, les canalisations n'en sont pas pour autant à l'abri de la corrosion; en effet, celle-ci peut résulter de phénomènes complémentaires physiques ou électrochimiques. Les principales causes de corrosion interne des canalisations d'eau peuvent être dues le plus fréquemment :

a) A un tracé mal établi, d'où formation de remous et tourbillons qui s'opposent localement à la formation de la courbe protectrice;

b) Au dégagement de bulles gazeuses au sein du liquide à la suite de variation de pression ou d'un pompage défectueux aspirant de l'air, ces bulles venant se fixer aux aspérités du tuyau provoquent des phénomènes d'aération différentielle;

c) A la présence d'impuretés dans l'eau : particules métalliques — dépôts - flore microbienne.

La corrosion par la flore microbienne de l'eau est généralement d'autant plus insoupçonnée qu'elle paraît impossible, cependant l'examen attentif de conduites accidentées et l'étude des conditions de corrosion d'une part, les résultats de recherches en laboratoires d'autre part, ont prouvé l'influence néfaste de plusieurs bactéries ou organismes élémentaires dans ce domaine.

La corrosion microbiologique des canalisations peut être définie comme étant la détérioration des métaux ferreux suivant un processus qui directement ou indirectement est le résultat de l'activité métabolique des bactéries. Les hypothèses relatives à ce mode de corrosion doivent être proposées après

une étude approfondie, il ne faut pas, en effet, confondre les produits de la corrosion due aux bactéries avec les dépôts que l'on peut observer fréquemment dans les conduites d'eau; par ailleurs, corrosion et développement microbien ne sont pas synonymes et l'observation de l'un n'entraîne pas obligatoirement l'autre; toutefois ils coexistent généralement.

Les microorganismes contribuent à la corrosion par un ou plusieurs facteurs, ceci en fonction de leurs caractéristiques physiologiques. Ces facteurs sont :

1. Influence directe en fonction de la réaction anodique ou cathodique;
2. Modification de la résistance superficielle du métal du fait du métabolisme ou des résidus du métabolisme;
3. Création d'un milieu corrosif;
4. Du fait du développement et de la multiplication d'une colonie bactérienne, formation d'une pellicule qui facilite la formation de piles élémentaires électrolytiques à la surface du métal.

Le développement de ces microorganismes est fonction de certains composés chimiques organiques ou non qui assurent l'apport d'oxygène, carbone, azote, hydrogène et soufre nécessaires à leur processus métabolique. Le minimum indispensable de ces composés est sujet à de grandes variations en fonction des caractères spécifiques de chaque bactérie.

Certains microorganismes peuvent même se développer indépendamment dans des milieux dépourvus d'éléments nutritifs; ils sont extrêmement rares, de sorte que la connaissance de différents facteurs : pH, concentration en oxygène, température et éventuellement apport possible d'éléments nutritifs peut seul indiquer si oui ou non un milieu donné peut être favorable au développement de microorganismes.

Les microorganismes liés à la corrosion sont généralement classés en fonction de leur capacité ou de leur incapacité à se développer dans un milieu contenant de l'oxygène atmosphérique. Les microorganismes aérobies se développent dans un tel milieu, par contre les microorganismes anaérobies se développent plus favorablement dans un milieu dans lequel la concentration en oxygène dissout s'approche de zéro.

La nature des réactions de corrosion déclenchées par les différents types de microorganismes du groupe aérobie est considérablement différente de celle déclenchée par ceux du groupe anaérobie.

Tous les microorganismes qui ont une influence vraiment appréciable dans la corrosion des métaux peuvent donc être classés dans l'un ou l'autre groupe, pour ce qui est du cas particulier de la corrosion des métaux ferreux, nous les citerons par ordre d'importance dans les deux paragraphes suivants :

## 1. Microorganismes anaérobies.

Ceux que l'on rencontre le plus communément sont les bactéries réduisant les sulfates, (ces bactéries en forme de spirale sont très mobiles, elles se développent fréquemment en chaîne); les principales sont les *Sporovibrio desulfuricans*,

que l'on trouve surtout dans les eaux pompées dans des terrains compacts, telles les argiles aquifères contenant des sulfates et des matières organiques, ces terrains s'ils sont stériles ne sont pas corrosifs, ils sont en effet insuffisamment acides pour produire une attaque appréciable du type à dégagement d'hydrogène; la présence de ces bactéries entraîne une réduction des sulfates avec formation de sulfures. Au lieu de rouille une coloration noire due au sulfure de fer s'observe alors sur la surface corrodée.

Les tuyaux de fonte et d'acier sont également affectés par cette action bactérienne, l'attaque est souvent localisée et parfois très rapide. Dans la fonte, le réseau de graphite est respecté de sorte que le tuyau peut sembler indemne, en le touchant avec un outil on trouve des régions très tendres.

Comme nous venons de le dire, l'aspect caractéristique de cette corrosion de l'acier est son action ponctuelle dispersée, généralement seule la zone inférieure du tuyau est affectée, de nombreuses hypothèses ont été proposées pour expliquer cette répartition; nous avons vu que le développement de colonies de bactéries était fonction de l'apport de matières organiques nutritives, celles-ci se déposent à la surface inférieure du tuyau où elles s'accrochent aux moindres aspérités, leur décomposition en ces points isolés permet la naissance d'une colonie de bactéries, une piqûre s'amorce très rapidement, les bactéries s'y développent, si l'on gratté la surface boursouflée composée de matériaux organiques saturés des produits de corrosion, on peut observer une piqûre importante du tuyau, sous la croûte les conditions anaérobies sont parfaitement maintenues. Des tuyaux en acier peuvent dans de telles conditions être percés en quelques mois.

La détection d'une telle corrosion après un accident n'est pas aisée, l'eau en effet peut ne pas comporter à tout moment des bactéries en suspension et son analyse biologique risque d'apporter peu de renseignements, il faut donc procéder à l'analyse des produits de corrosion recueillis sur la surface corrode, la présence de quantités appréciables de sulfure de fer indique qu'il s'agit d'une corrosion microbiologique anaérobiose; il est indispensable de prendre de grandes précautions dans la manipulation, la conservation et le transport des produits de corrosion anaérobiose, car le sulfure de fer rencontré est généralement précipité sous une forme très poreuse et divisée et son oxydation à l'air est si rapide que les résultats sont souvent erronés.

Si cette recherche ne donne pas de renseignements suffisamment probants, il y aura lieu à partir des produits de corrosion prélevés avec précaution d'essayer d'obtenir une culture des bactéries.

Il y a lieu de citer également dans cette classe, les bactéries réduisant les nitrates et les bactéries produisant du méthane, toutefois leur action reste encore hypothétique et fait l'objet de nombreuses études.

## 2. Microorganismes aérobies.

Ceux que l'on rencontre le plus couramment sont les ferrobactéries, et les bactéries oxydant le soufre élémentaire. Les ferrobactéries sont des microorganismes d'un ordre supérieur de forme typiquement aqueuse. La contribution de ces bactéries à la corrosion résulte du fait que leur développement donne naissance à une pellicule compacte sous laquelle un gradient de concentration en oxygène peut être maintenu, ces bactéries absorbent le fer et donnent naissance sur la surface du métal à des excroissances relativement résistantes, chaque colonie s'incruste dans le métal, ces incrustations sont coniques et le développement de la corrosion entraîne la formation de couches superposées concentriques; le cœur plus mou est noir, il comporte un peu de sulfate de fer, il devient rouge après exposition à l'air.

Les bactéries oxydant le soufre dont les principales sont les *Thiobacillus thioxydans*, se développent en oxydant le soufre élémentaire, le résultat premier de cette activité est la formation d'acide sulfurique qui attaque directement le métal.

Enfin, il y a lieu de mentionner divers organismes qui peuvent se trouver dans l'eau; de nombreuses variétés d'un ordre plus élevé tels les champignons, les algues, les protozoaires, les diatomées, les bryozoaires peuvent contribuer à la corrosion des métaux en établissant un film microbiologique capable de maintenir en contact avec le métal un gradient de concentration des gaz et sels dissous. La permanence d'un tel film contribue à l'établissement d'un effet différentiel qui entraîne la corrosion du métal sous-jacent.

De plus, sous cette barrière la concentration en oxygène est fréquemment réduite à une valeur qui permet le développement des microorganismes anaérobies réduisant les sulfates.

## Mesures préventives.

Dans tous les cas, il est nécessaire de prendre immédiatement toutes précautions pour détruire les microorganismes ou, tout au moins, pour protéger la surface interne des tuyauteries. La protection interne peut être obtenue, au moyen de peintures émaillées bitumineuses, au moyen d'asphalte ou dans le cas où le diamètre de la conduite le permet, au moyen de bétons soigneusement étudiés déposés par centrifugation, la surface étant traitée afin d'empêcher que les constituants solubles ne soient entraînés; ces méthodes qui pourraient paraître séduisantes dans certains cas, présentent de graves inconvénients; en effet la réalisation des joints est difficile et le contrôle de la continuité du revêtement est pratiquement impossible, l'efficacité de ces procédés est donc discutable.

La destruction des microorganismes peut être obtenue en adoptant des traitements chimiques de l'eau: addition de chlore ou de chlore et d'ammoniaque, modification du pH, emploi d'agents bactéricides, d'inhibiteur de corrosion organique ou non.

L'élimination de la contamination et de la corrosion interne des tuyauteries de condenseurs échangeurs de chaleur dans les raffineries de pétrole et dans les stations thermiques de l'industrie électrique a fait l'objet de nombreuses études et des résultats très intéressants ont été obtenus par de tels traitements de l'eau. Dans le cas de l'emploi du chlore, la teneur nécessaire pour arrêter le développement des bactéries est sujet à des variations considérables suivant la nature de ces bactéries, les installations à protéger et la composition minérale de l'eau (pour des bactéries réduisant les sulfates elle peut varier de 0,1 à 1 millionième).

Le chlore étant d'abord fixé par les matières organiques et les sels minéraux, le pourcentage nécessaire ne peut être établi qu'expérimentalement, il est donc indispensable que l'appareil utilisé fonctionne très régulièrement, des excès de chlore peuvent être en effet préjudiciables à toutes installations en acier. Enfin quand il s'agit d'une installation importante, on peut envisager une protection cathodique.

Dans certains cas, tout dispositif de protection peut rester inefficace, un puits foré dans un sol présentant les conditions optimum permettant le développement généralisé des bactéries réduisant les sulfates doit être abandonné; le réseau assurant la distribution de l'eau de ce puits pourra dans certains cas, être mis hors service en quelques mois.

Nous nous proposons pour conclure de citer un cas de corrosion de canalisation particulièrement typique observé dans la région parisienne.

Une usine importante de radioélectricité utilisant d'importantes quantités d'eau pour le refroidissement de tubes élec-

troniques à grande puissance fit exécuter un forage peu profond, sa proximité de la Seine assurant un débit suffisant et constant. Afin d'adoucir l'eau, une installation de traitement avait été branchée immédiatement près des pompes qui assuraient le refoulement dans un réservoir surélevé, la distribution à partir de ce réservoir se fait dans l'usine sous une pression de quelques centaines de grammes à l'aide de tuyaux en acier de série courante (généralement 60 × 70), toutes les conduites sont apparentes, elles sont fixées normalement aux ossatures métalliques des ateliers ainsi que les conduites d'eau potable et les conduites de chauffage, en de nombreux points de leur parcours, elles sont très voisines de câbles électriques ou d'installation à haute tension. Moins de deux ans après la mise en service de ces canalisations une première fuite était constatée, puis à une fréquence croissante d'autres fuites se produisirent en des points quelconques du tracé, généralement sur la génératrice inférieure, de nombreux tubes ont dû être déposés et remplacés. L'analyse minérale de l'eau et la recher-

che de pertes électriques ne fournirent aucun renseignement. Des examens effectués sur des tubes corrodés ont permis de constater la présence sur la face interne de nombreuses excroissances de couleur rougeâtre, les plus importantes groupées au voisinage de la génératrice basse, sous chacune de ces excroissances composées des produits de corrosion se trouvait un cratère conique dont la progression occasionnait les accidents observés dès que leur sommet atteignait la face externe, l'origine d'une telle corrosion devait donc être recherchée dans l'eau elle-même, toutes les caractéristiques physique et chimique étant normales il a été procédé à un examen bactériologique, celui-ci devait mettre en évidence la présence de ferrobactéries en quantité suffisante pour expliquer les corrosions observées, ces bactéries étaient d'ailleurs parfaitement insensibles au traitement de l'eau, les analyses effectuées sur des eaux prélevées dans le puits et des eaux tirées en un point quelconque de la distribution fournissant des résultats identiques.

**M. le Président.** — Je remercie notre conférencier. L'exemple qu'il vient de nous citer en dernier montre bien quelle a dû être la responsabilité de l'entrepreneur ; celui-ci s'est trouvé dans l'obligation d'effectuer des démarches, a encouru des pertes de temps considérables, et cette affaire a certainement causé une grande gêne dans son exploitation commerciale.

## *Recherches techniques françaises*

### ESSAIS D'USURE SUR LES ROBINETS ET LES GARNITURES

par **M. MARÉCHAL,**

Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

L'entrepreneur de plomberie ou de chauffage est en général très embarrassé lorsqu'il doit trouver une référence de qualité des robinets qu'il utilise et à plus forte raison de faire contrôler la qualité de ceux-ci puisqu'elle n'a pas été définie.

L'Association Française de Normalisation a édité quelques normes mais jusqu'ici elles ne visent que la terminologie et les dimensions.

On pourrait évidemment ajouter à cela une qualification des bronzes et des plastiques servant à les fabriquer.

La Chambre Syndicale de Couverture-Plomberie et la Commission Technique de Plomberie du Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics sous la présidence de MM. Lasalle et Maury s'est penchée sur ce problème et nous a demandé s'il ne serait pas possible de déterminer les qualités des robinets, non par des mesures purement statiques mais par un essai de fonctionnement.

La première idée qui vient à l'esprit est de construire une machine qui fasse tourner les robinets dans un sens puis dans l'autre. C'est ce que nous avons fait effectivement, mais l'expérience des machines d'essais conduit immédiatement à penser que le problème qui consiste à reproduire en laboratoire un phénomène réel n'est pas toujours aisés, surtout lorsqu'un facteur humain (manceuvre des robinets) entre en jeu.

On peut évidemment classer les robinets par leurs différences relatives en les soumettant à un essai quelconque. Aucun essai de ce genre ne peut classer des robinets d'une façon absolue, on ne peut que les classer comparativement en essayant de s'approcher le plus près possible de la réalité.

L'intérêt de se rapprocher de la réalité est évident : si l'on se trouve très loin des sollicitations normales et habituelles, on risque par un essai brutal de ne rien voir, de ne pas différencier les qualités et même de bouleverser l'ordre comparatif de classement.

Avant de construire une machine nous avons donc pensé à mesurer les efforts réels auxquels étaient soumis les robinets.

Le principal effort appliqué lors de la fermeture d'un robinet à vis est fourni en tournant la poignée.

L'opérateur exerce donc un couple de fermeture. La valeur de ce couple dépendra du type de robinet (dimensions et formes de la poignée), des opérateurs qui le manœuvreront et de la commodité de position de ces opérateurs.

A propos des opérateurs, il est certain que les différences seront importantes ; leurs qualités manuelles et leur psychologie même interviendront.

Les personnes sont plus ou moins « sensibilisées » aux objets mécaniques.

Si l'opérateur a le respect et le goût de la mécanique, il sentira la réaction du robinet au moment de la fermeture, il ménagera celui-ci. D'autres seront des « visuels », ils verront l'eau couler et ne se rendront compte que par ce moyen si le robinet est ouvert ou fermé.

Mais dans le cas du robinet d'arrêt, où l'opérateur ne voit pas le résultat de la manœuvre ? Le « sensitif » fermera le robinet convenablement, mais que dire des timorés ou des brutaux ?

D'autres facteurs d'ordre psychologique interviennent également.

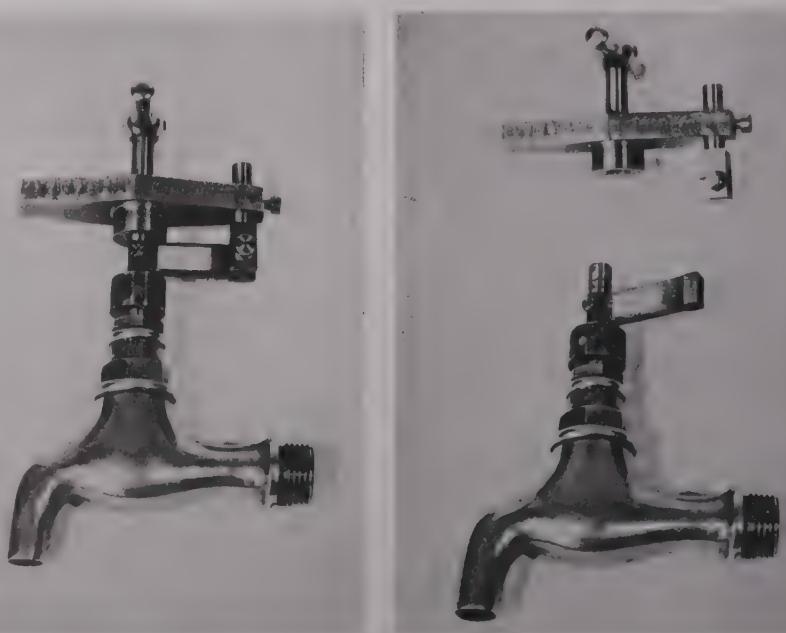


FIG. 1.

ment dans le cas du robinet : c'est le « tour de plus » avant le départ en vacances ou la mauvaise humeur passagère.

Il est donc indispensable de chiffrer les efforts fournis aux robinets dans la plupart des cas.

#### Comment mesurer le couple de fermeture?

Nous avons construit, à cet effet, un appareil simple s'adaptant sur les robinets. La partie essentielle de cet appareil est constituée d'une lame d'acier solidaire d'un manchon que l'on fixe sur l'axe du robinet par une goupille : le robinet est actionné par la force appliquée à l'extrémité de la lame d'acier par une poignée comportant une fourchette. La poignée est guidée dans l'axe du robinet par un palier. Les efforts fournis à la poignée du dynamomètre sont transmis au robinet par la lame d'acier, celle-ci travaillant en flexion. La qualité de l'acier et les dimensions de la lame sont choisies de telle façon que les déformations de la lame aux efforts maxima prévus, soient très éloignées de la limite élastique, mais suffisamment importantes pour provoquer une variation de résistance mesurable dans la jauge à fil résistant collée sur la lame.

Pour augmenter la sensibilité du système, une jauge a été collée sur chaque face de la lame. Le branchement électrique de ces jauge est fait de façon à mesurer la somme des variations des deux jauge. L'appareil de mesure employé est un potentiomètre enregistreur (fig. 2).



FIG. 2.

L'étalonnage du dynamomètre a été fait au moyen de poids, suivant un dispositif très simple. Une poulie en aluminium allégée est fixée à la partie supérieure de l'axe du dynamomètre et les charges appliquées au moyen d'un câble fin en acier (fig. 3).

Les charges ont été appliquées progressivement et les variations de résistance mesurées au potentiomètre enregistreur. Sur la courbe ci-contre, les déformations de la lame sont en abscisses et les couples correspondants en ordonnées. L'échelle des

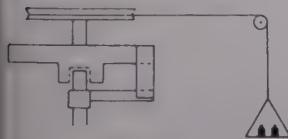


FIG. 3.

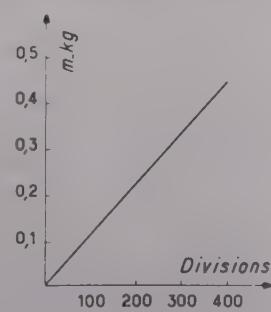


FIG. 4.

abscisses est donnée en divisions à lire sur le graphique d'enregistrement (fig. 4).

#### Résultats des mesures de couples de fermeture.

La composition du personnel du Laboratoire se prêtait bien à ce genre de mesures. En effet, une assez grande variété de corps de métiers s'y trouve représentée : manœuvres habitués aux lourdes charges, ouvriers du bâtiment, mécaniciens de l'atelier, personnel de laboratoire, employés de bureau et quelques femmes.

Le nombre d'opérateurs pour chaque série de mesures oscille entre 107 et 124 personnes.

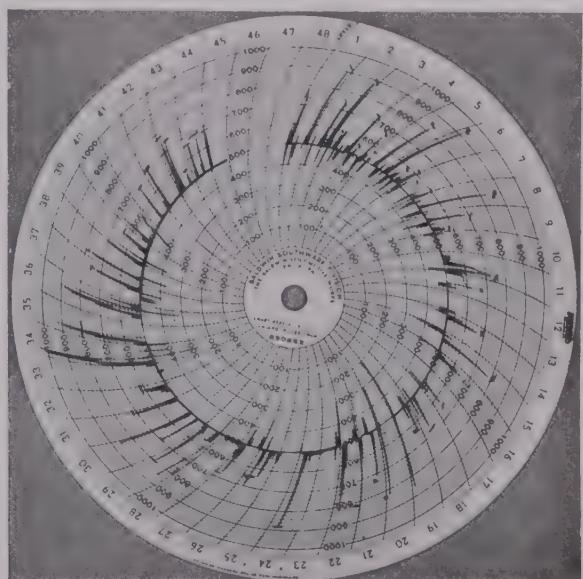


FIG. 5. — Exemple d'un enregistrement de couple de fermeture.

Notre première tâche a été de chercher à faire le moins de mise en scène possible (éloignement des appareils de mesure), pour essayer d'éliminer un facteur psychologique supplémentaire. Nous avons simplement demandé à chaque personne de se laver les mains. Nous avons également évité, dans la mesure du possible, la présence de plusieurs personnes, pour éviter l'esprit de compétition.

La première série de mesures consistait à faire manœuvrer un robinet de puisage ordinaire, muni de son disque caoutchouc d'origine (fig. 6). Nous avons observé que les personnes habituées à faire de gros travaux fermaient le robinet très fort, d'une façon générale, les femmes aussi et, fait intéressant, les fraiseurs et tourneurs de l'atelier habitués à manœuvrer des manivelles et à sentir la réaction de l'outil, ont eux, bien dosé la réaction du robinet.

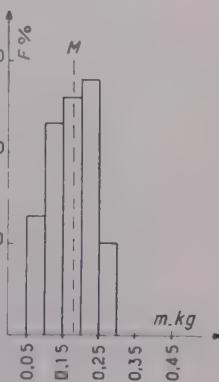


FIG. 6.

Les couples de fermeture enregistrés s'échelonnent de 0,045 m.kg à 0,290 m.kg. La valeur moyenne est de 0,170 m.kg et la fréquence maximum pour 0,225 m.kg. Il est intéressant de constater en examinant le graphique, qu'il n'y a environ que 13 % des personnes qui sentent la réaction du robinet avec une sensibilité suffisante, que la moyenne fournit un effort trois fois supérieur et le cas le plus fréquent est un effort cinq fois trop grand.

Sans vouloir donner à ces essais l'allure d'un test psychotechnique, il paraissait nécessaire de vérifier dans quelles proportions les opérateurs tenaient compte du fait visuel de l'écoulement de l'eau et comment ils se comporteraient si le résultat de la manœuvre n'était pas visible; c'est le cas du robinet d'arrêt. Les résultats sont illustrés par la figure 7.

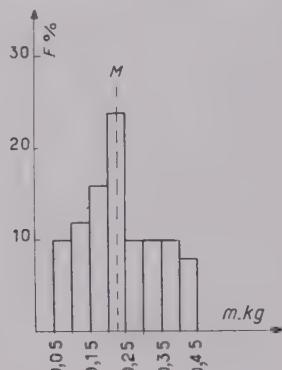


FIG. 7.

A première vue ce qui frappe c'est une distribution beaucoup plus vaste que la précédente, s'orientant comme on pouvait le prévoir vers une augmentation des efforts.

Les couples minima et maxima sont dans le rapport de 1 à 9, la moyenne est passée à 0,225 m.kg.

Quelques essais ont été faits avec un robinet de puisage muni d'un brise-jet assez long. Les quelques résultats obtenus permettent de penser que la distribution serait presque de même ordre.

Beaucoup de personnes continuent à fermer le robinet pendant le temps que l'eau contenue dans le brise-jet met à s'écouler.

Des mesures ont été également faites sur des robinets à poignée ronde (fig. 8 et 9), type lavabo. La dispersion est moins grande et les couples moins élevés; la poignée ronde offre un moyen de fermeture moins puissant que dans le cas des robinets de puisage où les doigts prennent appui sur les deux extrémités de la potence.

Les « sensitifs » ressentent une pression cutanée moins précise parce que la surface d'application est plus grande dans le cas de la poignée ronde, les « brutaux » ont moins de commodité pour assurer leur effort.

Cette petite étude statistique qui nous permet de chiffrer les efforts moyens, en appelle une autre visant à déterminer le nombre moyen de sollicitations auquel sont soumis les différents types de robinets couramment employés.

Nous avons pensé que ceux qui pouvaient le mieux nous renseigner étaient ceux qui reçoivent les doléances des utilisateurs, c'est-à-dire les entrepreneurs de plomberie.

La Chambre Syndicale de Couverture Plomberie a bien voulu nous aider dans cette tâche, un questionnaire a été adressé à la plupart des adhérents. Cette enquête devait nous renseigner sur la durée d'existence des robinets suivant leur fonction

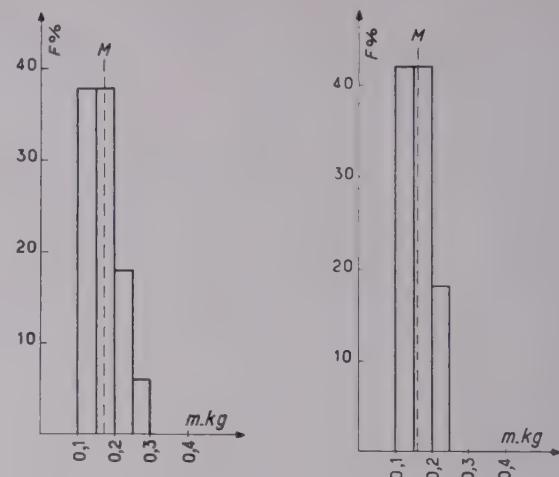


FIG. 8.

FIG. 9.

(évier, salle de bains etc...), sur les pièces du robinet qui sont susceptibles d'être changées le plus fréquemment, enfin, sur le nombre d'utilisation journalière par personne des différents robinets.

Les résultats de cette enquête sont les suivants :

Nous avons porté sur le graphique de la figure 10 les réponses faites sur la durée d'existence des robinets. Les ordonnées sont le nombre de réponses en %, en abscisses le nombre d'années de service.

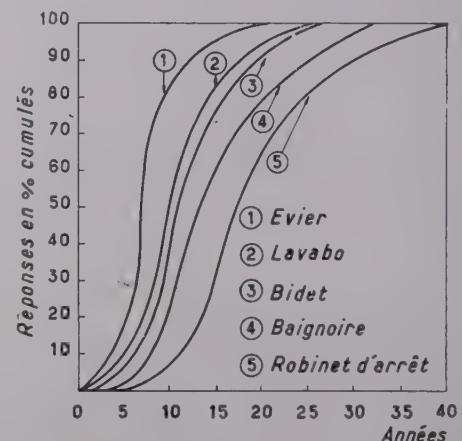


FIG. 10.

Les nombres s'ordonnent suivant le classement logique que l'on aurait pu prévoir — robinet d'évier, de lavabo, de bidet, de baignoire et robinet d'arrêt.

On remarque que 75 % des personnes pensent que la durée d'existence d'un robinet d'évier est inférieure à neuf ans et 25 % pensent qu'elle est supérieure.

La durée de neuf ans est la moyenne arithmétique des résultats, la fréquence maximum est de dix ans.

Pour le robinet d'arrêt la fréquence maximum et la moyenne arithmétique sont de vingt ans.

Nous avons pris comme critère de durée :

- Evier et lavabo 10 ans
- Bidet 12 ans
- Baignoire 15 ans
- Robinet d'arrêt 20 ans

En ce qui concerne la fréquence d'utilisation journalière les résultats sont plus disparates, certaines réponses semblent n'avoir tenu compte que du nombre d'utilisation de l'appareil sanitaire et n'ont pas mentionné les utilisations des robinets pour le nettoyage des appareils en question.

Pour le robinet d'évier, une famille de trois personnes l'utilise en moyenne 72 fois par jour, ce qui correspond à 275 000 manœuvres pour son existence moyenne.

En ce qui concerne l'usure des différentes pièces, aucune difficulté pour accuser en premier lieu le disque de la soupape et ensuite dans l'ordre, la vis de la tige du robinet, le siège, le porte-disques de la soupape, le foulard du presse-étoupe. Aucune distinction n'a malheureusement été faite entre les modèles de robinet, mais la classification en elle-même a son intérêt.

#### Machine d'essais.

Partant des données que nous avons exposées, nous pouvons envisager la construction d'une machine d'essai.

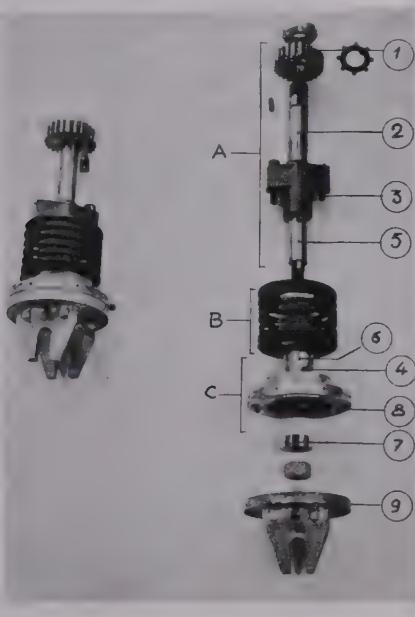


FIG. 11.

Les caractéristiques générales seront les suivantes :

- 1) Application d'un couple mesurable ;
- 2) Vitesse d'application du couple compatible avec la vitesse réelle à l'emploi ;
- 3) Vitesse de répétition compatible avec la relaxation des disques de soupape.

La première réalisation de cette machine satisfaisait à ces trois conditions, mais une quatrième très importante, le maintien d'un couple de fermeture constant quelle que soit l'usure du robinet, n'avait pas été respectée.

Nous décrirons très sommairement la machine dont la partie essentielle est le dispositif d'entrainement des robinets. La figure 11 permettra une description plus aisée. A gauche le dispositif monté — à droite une vue éclatée montre le détail — trois parties principales : A l'arbre d'entrainement, B le ressort, C le porte fourchette.

La pièce A possède un pignon d'entrainement (1), l'arbre en (2) tourne dans le palier qui est le support du dispositif. Le ressort B est fixé par les vis (3) et la pièce C fixée en (4) au ressort tourne sur la partie inférieure (5) de l'arbre.

En d'autres termes le porte fourchette est entraîné par l'arbre moteur par l'intermédiaire d'un ressort.

Donc, lorsque la fourchette entraînant le robinet rencontrera une résistance, sa torsion sera d'autant plus grande que le couple résistant sera plus élevé.

Il suffit maintenant de limiter cette torsion au couple désiré. Sur la figure 12, on voit à gauche le schéma de principe : un contact électrique solidaire de la partie supérieure du ressort est entraîné par le mouvement lorsque le couple choisi est atteint, la petite came solidaire de la partie inférieure du ressort assure un contact qui arrête la marche du moteur et le lance en sens inverse.

La photographie montre le système monté, le deuxième levier est un interrupteur de sécurité sur le même principe arrêtant la marche du moteur si le couple choisi est dépassé.

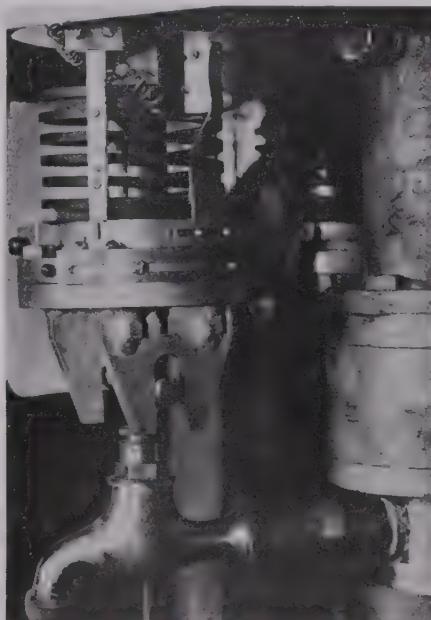


FIG. 12.

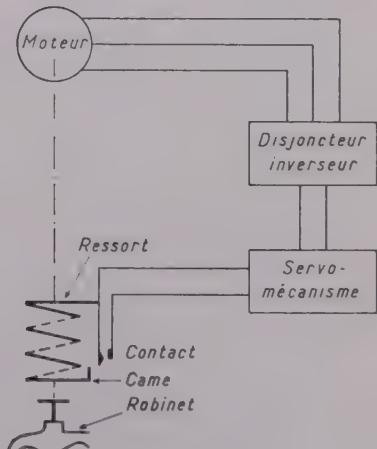


FIG. 12 a.

C'est à cet endroit qu'un montage électronique (fig. 13) apparaît, en effet, ce contact ne doit produire qu'un signal bref et de faible intensité pour assurer un fonctionnement non perturbé par l'usure des contacts eux-mêmes, il n'est ici autre qu'un très faible courant grille d'une lampe radio.

D'autre part, si un contact est produit à la fermeture par le couple, au retour il serait dangereux pour le robinet d'opérer de la même manière. Une constante de temps réglable est encore un des avantages de l'électronique<sup>(1)</sup>.

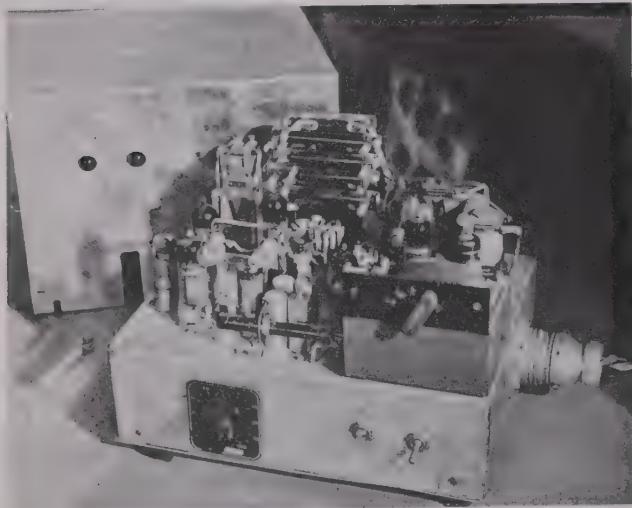


FIG. 13.

Nous pouvons en effet, choisir d'une façon extrêmement souple et sûre le temps de retour, c'est-à-dire, le temps de fonctionnement du moteur en marche arrière, en d'autres termes la course du robinet. En pratique le choix peut se faire sur une plage continue allant de  $30^{\circ}$  à trois tours et demi. Elle peut être réglée en marche par simple manœuvre du bouton que l'on voit sur la photographie. Je passerai sur les détails des multiples sécurités concernant les trois postes d'essais.

La vitesse de rotation de la machine a été choisie égale à la vitesse normale d'emploi.

L'étalonnage de la machine se fait à l'aide de l'appareil qui a servi à mesurer statistiquement les couples de fermeture, la figure 14 montre le dispositif monté sur le robinet à essayer.

Des mesures systématiques ont été faites pour étudier les possibilités de la machine d'essai; en particulier pour déterminer si l'application du couple de fermeture était constante (la discussion de ce point est faite en annexe à la fin de cet exposé p. 85).

La figure 15 montre un enregistrement de l'étalonnage du couple de fermeture pendant le fonctionnement de la machine.

La machine présente en outre l'avantage de s'adapter aisément sur tous les robinets par plusieurs types de fourchettes. De plus chaque porte-fourchette peut avoir neuf fonctions différentes par rapport à l'arbre d'entraînement (chaque position fait tourner la fourchette de  $40^{\circ}$ ; un réglage fin par vis de calage permet de diviser ces  $40^{\circ}$  avec toute la précision désirée).

<sup>(1)</sup> Les lecteurs intéressés par les détails de l'asservissement les trouveront à la suite de cet exposé en annexe II p. 86.

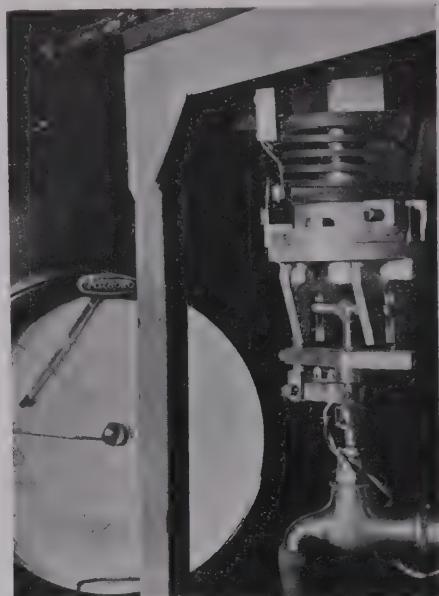


FIG. 14.

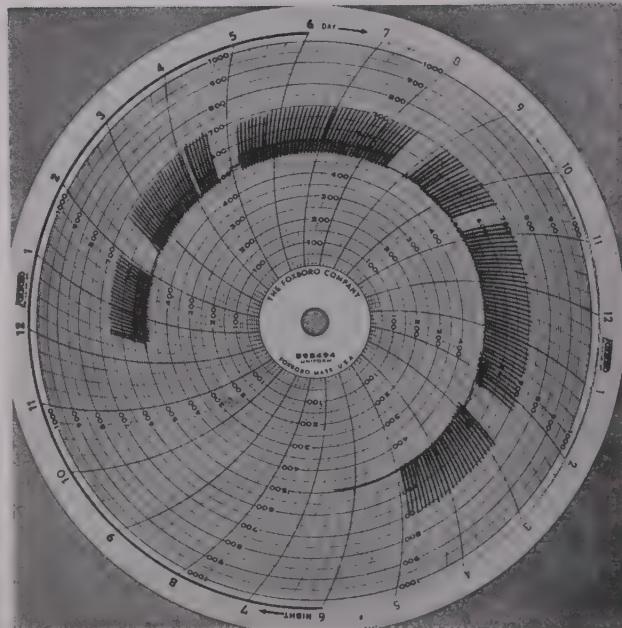


FIG. 15.

#### Résultats

La machine usure étant mise au point, nous avons essayé plusieurs sortes de robinets pour étudier le comportement de ceux-ci et, d'autre part, mettre au point un test qui permette de comparer les différentes usures de ceux-ci. Le problème est à cet endroit assez complexe. Nous sommes devant une foule

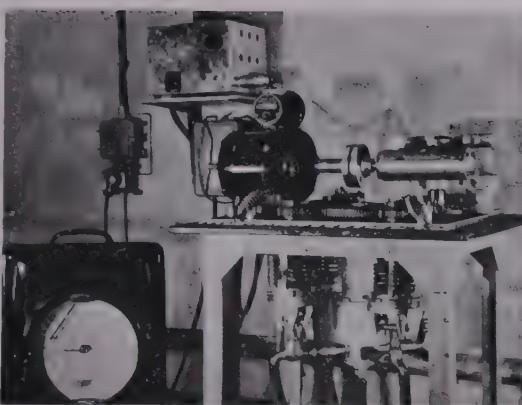


FIG. 16. — Vue d'ensemble de la machine d'essai.

de robinets de types différents. Une première solution consiste à comparer le robinet essayé à un gabarit, mais il faut avoir une telle quantité d'instruments que cette solution est à peine praticable. Une autre solution plus élégante consiste à examiner une partie du filetage de la vis agrandie à l'aide d'un projecteur de profil. Nous avons fait un montage optique qui nous permettait un agrandissement de cinquante fois. La projection du filetage étant faite sur une plaque film de grande dimension, après révélation de l'image la partie du robinet agrandie apparaît en clair, après essai en reprojetant la même partie de la pièce sur le négatif développé on regarde par transparence : s'il n'y a pas d'usure il y a obturation complète de la lumière, s'il y a usure on peut mesurer les dimensions des parties éclairées.

La méthode paraît excellente mais sa mise en œuvre est très délicate, en effet, la pente du filetage ne permet d'avoir une image correcte que sur une petite partie de la pièce puisque l'image ne peut être nette que lorsque le plan de la partie examinée se trouve parallèle à l'axe optique. En outre le repérage de la pièce doit être extrêmement précis.

En fait nous ne sommes pas arrivés à obtenir avec notre machine des usures comparables à celles trouvées dans la réalité. Des robinets ont été manœuvrés un million de fois sans présenter des usures notables. Ce n'est pas la machine qu'il faut accuser mais notre désir d'imiter trop rapidement le processus naturel. En fait, lorsqu'un robinet est au repos il se couvre d'une couche très mince de dépôt de tartre. Lors de la manœuvre, les pièces en frottement tendent à arracher ce dépôt et en même temps du métal. Les quantités de métal arraché sont certes infimes à chaque fois mais la répétition du phénomène entraîne des usures considérables.

Nous avons cherché à reproduire rapidement ce phénomène de tartrage en prenant de l'eau de ville et plaçant dans celle-ci une cathode de platine et une anode constituée par une pièce de robinet, par électrolyse nous avons obtenu au bout de quelques minutes un dépôt dont une bonne partie était très adhérente au métal. Nous envisageons de procéder avec des robinets à des essais comparatifs en fonctionnement.

Si en manœuvrant des robinets un million de fois nous n'avons pas obtenu d'usure importante des pièces métalliques, nous avons par contre, produit une hécatombe de disques de caoutchouc. Nous avons porté toute notre attention sur ce fait et entrepris des essais systématiques sur les disques de soupape.

Nous avons pensé comparer l'usure produite sur les disques par un « bon » et un « mauvais » robinet de puisage. Ces termes sont impropre mais ils fixent les idées. Je dois une explication. Le « bon » robinet utilisé est un robinet très bien conçu mécaniquement et d'une finition irréprochable, sa caractéristique

essentielle est que le porte-disques est guidé dans son mouvement et vient appliquer le disque sur le siège sans tourner. Le siège étant plan, le porte-clapet permet l'encastrement complet du disque. Pour obtenir, ce que j'appelle le « mauvais » robinet je me suis rendu chez le quincailler du coin où j'ai acquis le robinet le plus anonyme et le meilleur marché. Il existe peut-être de plus mauvais robinets encore. Celui-ci était constitué de la manière suivante :

Porte-clapet rivé présentant un jeu suffisant pour que celui-ci puisse tourner, le porte-clapet présente un encastrement pour loger le disque, le siège présente un renflement en demi-jonc annulaire.

Ce renflement a une grande importance, en particulier, pour cisailier les disques de caoutchouc; la figure 17 montre une coupe de ce robinet, trois étapes sont représentées. Au début de l'essai, en cours de cisaillement du caoutchouc, ensuite l'état final après estampage d'une rondelle.

Les résultats des essais de garnitures à l'eau froide sont reportés sur la figure 18, en pointillés, pour les garnitures essayées avec le « mauvais » robinet, en traits pleins, pour les usures produites avec les mêmes garnitures sur le bon robinet. Il faut manœuvrer environ dix fois plus le bon robinet pour provoquer la même usure que sur le mauvais.

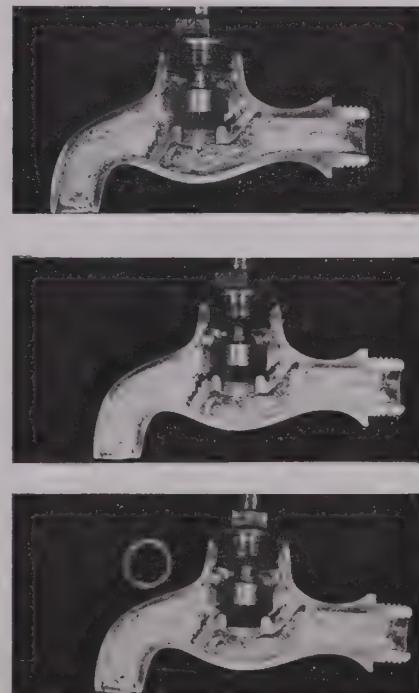


FIG. 17.

Des essais à l'eau chaude à 80° ont été également exécutés, les résultats des premiers essais sont présentés sous forme de comparaisons entre les résultats obtenus sur bon robinet à l'eau chaude et à l'eau froide (fig. 19).

Il est certain que le vieillissement des garnitures par le fait de la chaleur seulement n'est pas ici mis en évidence, et que le temps de séjour des garnitures dans l'eau chaude joue un rôle important, certains plastifiants s'échappent et la matière se racornit. Néanmoins les différences trouvées sont assez éloquentes.

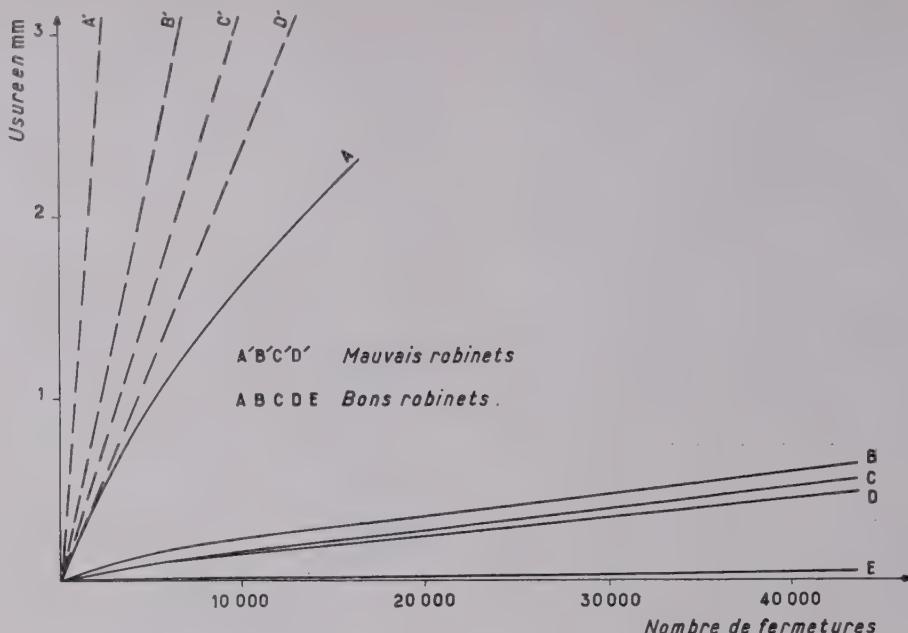


FIG. 18.

En conclusion, ces essais montrent qu'un bon robinet même équipé de mauvaises garnitures donnera plus de satisfaction qu'un mauvais robinet équipé d'excellentes garnitures. Il est donc dès à présent possible de classer les robinets suivant leur pouvoir d'usure sur les garnitures. Les recherches sont poursuivies actuellement et nous permettront de compléter la classification des robinets.

Nous sommes heureux de vous apprendre que quelques fabricants se sont déjà intéressés à notre machine et nous ont demandé de procéder à des essais sur des prototypes de robinets. Certains pensent faire construire des machines semblables pour leurs essais d'études et de contrôle. On peut espérer qu'un avenir proche nous apportera une estampille de qualité sur tous les bons robinets.

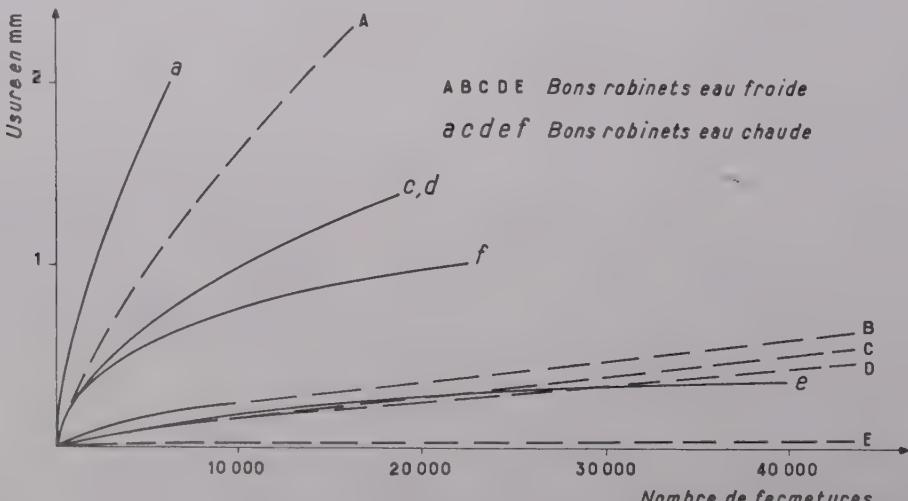


FIG. 19.

**M. le Président.** — Je remercie M. Maréchal de son exposé ; il nous a dit le mal, il faudra peut-être qu'il nous dise le remède, et surtout le remède juridique, c'est-à-dire celui qui mettra l'entreprise à l'abri de la responsabilité qui pèse sur elle.

Je crois que sur le terrain abordé par M. Maréchal, ingénieurs, entrepreneurs, et sans doute constructeurs, se rencontrent.

## ANNEXE I

## Possibilités de la machine.

Reprendons avec un peu plus de détail la description du fonctionnement de la machine.

Prenons comme point de départ le robinet ouvert; le moteur en mouvement entraîne le robinet dans le sens de sa fermeture, lorsque celui-ci commence à se fermer les deux extrémités du ressort auront un déplacement relatif croissant, à mesure que le couple augmentera.

Lorsque le couple sera atteint, le contact qui était ouvert sera fermé par la came. Le signal émis par ce contact commande le servo-mécanisme qui coupera le courant du disjoncteur et par suite le moteur d'entraînement inversera la marche et redonnera le courant au moteur le lançant en marche arrière.

Dans le sens de l'ouverture la course du robinet étant fonction du temps et de la vitesse du moteur, ce temps étant choisi, le servo-mécanisme se chargera de limiter l'ouverture du robinet.

Nous avons examiné le fonctionnement pour un seul robinet; le problème se complique pour trois robinets en action. En effet, la condition nécessaire est que les trois robinets essayés le soient pour une même valeur de couple de fermeture. Des conditions supplémentaires sont nécessaires :

Il faut que les trois robinets soient du même modèle et que les garnitures soient identiques. Dans ce cas si nous supposons qu'au départ les trois robinets soient réglés pour fermer pour le même couple au même instant, il arrivera qu'au bout d'un certain temps de très petites différences d'usure entre les

trois garnitures se produiront. Mais, comme les trois robinets sont entraînés par le même moteur, le robinet le moins usé enverra le signal d'inversion de marche le premier, les deux signaux suivront dans un délai très court. Il faut donc que le système d'asservissement élimine lui-même tous les signaux ultérieurs au premier appel. Il ne faut pas perdre de vue que ce raisonnement est basé sur des différences très petites, en théorie les robinets doivent envoyer leur signal à tour de rôle, en pratique l'hétérogénéité des matériaux introduit des différences plus grandes bien que négligeables devant la valeur du couple. Des comptages des fermetures de chaque robinet ont été exécutés; en fait, on peut considérer que sur la moyenne horaire des fermetures, chaque robinet ferme le premier un nombre égal de fois.

Un autre point a été également étudié : le temps d'amortissement du mouvement avant chaque inversion de sens. D'une part, si l'inversion est trop rapide, la vie du moteur est en danger et la déformation de la garniture est incomplète, il faut laisser au matériau le temps de prendre sa forme sous charge. D'autre part, si l'on augmente le temps d'amortissement, il se produit une augmentation du couple après le signal. Cette augmentation est variable suivant la plasticité des garnitures. En fait, puisque l'étalonnage se fait par enregistrement des couples de fermeture, c'est le couple définitif avant inversion de marche que l'on règle à la valeur nominale pour l'essai.

Des mesures systématiques ont mis en évidence que le temps d'amortissement après le signal entraînait une variation assez importante du couple de fermeture suivant les garnitures (fig. 20). En conséquence, il est nécessaire de procéder à un étalonnage avant essai de chaque type de garniture.

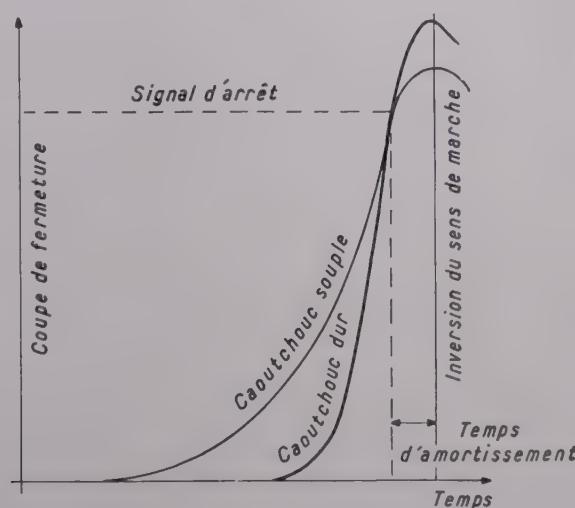


FIG. 20.

## ANNEXE II

### Description de l'asservissement électronique.

Comme on le voit sur le schéma de la figure 21, le dispositif est constitué par cinq relais.

Le relai  $R_1$  d'entrée recevant les signaux émis par les ressorts de la machine, le relai  $R_2$  servant à déterminer la course du robinet dans sa rotation. Le relai  $R_3$  servant à la protection du relai  $R_1$ , en éliminant tous les signaux émis par les ressorts, excepté le premier signal. Le relai  $R_4$  assurant à la protection des contacts du relai sélecteur  $R_5$ .

*Le dispositif fonctionne de la façon suivante :*

Prenons comme origine le moment où le robinet tourne en direction de sa fermeture (marche avant). Tous les relais 1, 3, 4, 5 sont au repos, seul le relai 2 est en position de travail, par un contact assuré par le relai  $R_5$  un signal provenant d'un des ressorts actionne le relai  $R_1$ , qui lui-même déclenche  $R_3$ ,

$R_4$  et  $R_5$ . Lorsque  $R_3$  est en position de travail il annule les autres signaux pendant un temps largement supérieur à l'inversion de marche (constante de temps  $K_3$ ).  $R_4$  coupe pendant la constante de temps  $K_4$  le courant des bobines du disjoncteur protégeant ainsi les contacts du sélecteur. Enfin,  $R_5$  fait avancer le sélecteur d'une position de marche avant, en marche arrière, à ce moment le courant de charge de la constante de temps  $K_2$  est coupé.

Le temps total de résolution signal signal-inversion de marche est d'environ une seconde.

Les robinets tournent maintenant en marche arrière, pendant ce temps la tension représentant la constante de temps  $K_2$  diminue et au moment où elle devient nulle le relai  $R_2$  est au repos et le contact qu'il assure envoie une impulsion sur le premier relai qui agit à nouveau sur tous les autres lançant les robinets en marche avant.

Le système se trouve alors de nouveau à la position envisagée comme départ.

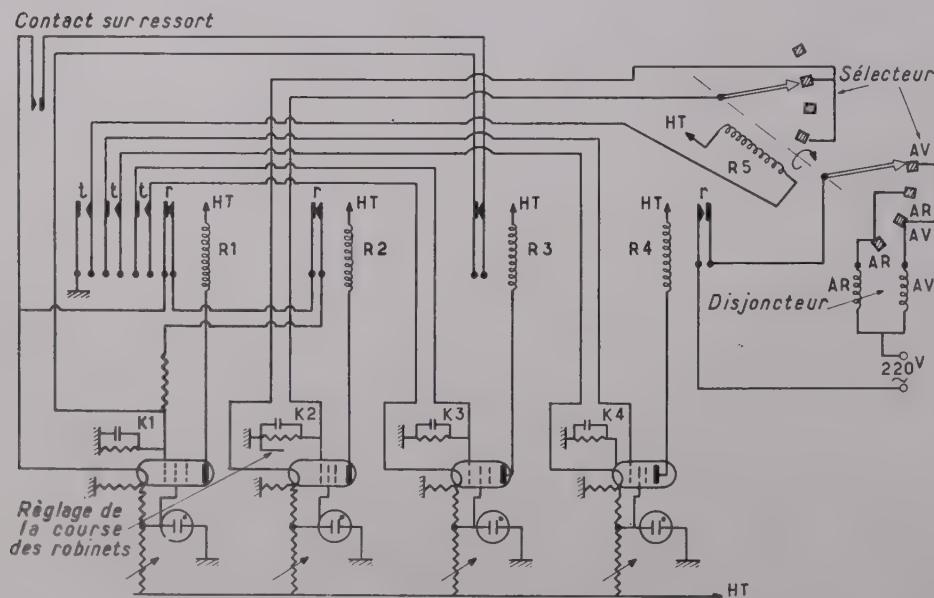


FIG. 21.

## Recherches techniques françaises

### PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR LA MISE EN ŒUVRE DU ZINC

par **M. BROCARD.**

Chef de Service au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics.

Il est toujours délicat de parler de ce très vieux problème et ce n'est pas sans appréhension que je l'aborde devant vous, même pour un très court exposé.

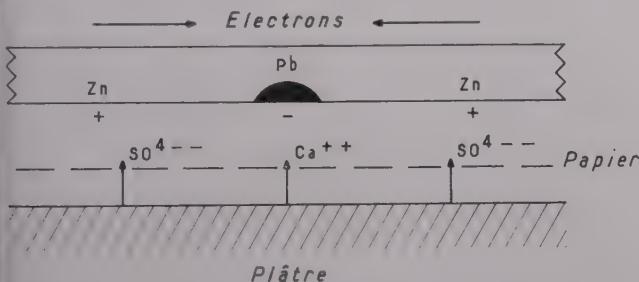
En effet, des documents de la *Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture et Plomberie de la région parisienne* datant de 1835 montrent que, déjà à cette époque, la corrosion du zinc par le plâtre était un sujet à l'ordre du jour chez les couvreurs. Depuis lors le problème est revenu souvent sur le tapis sans recevoir pour autant de solutions satisfaisantes, ce qui ne manque pas d'être assez impressionnant. Je ne prétends donc pas, après les quelques expériences effectuées récemment au Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics, donner une solution définitive.

La corrosion du zinc par le plâtre est un phénomène complexe dans lequel trois matériaux au moins jouent un rôle : la forme en plâtre, le papier d'interposition et, bien entendu, le zinc; nous verrons en outre ce qu'il faut penser du béton et de ses armatures dans le cas de chéneaux en béton armé.

On admet généralement le mécanisme de corrosion suivant :

L'eau de la forme en plâtre, chargée de sulfate de chaux à une concentration de 2 grammes par litre environ traverse la feuille d'interposition en papier dit anglais par les pores de ce dernier et arrive au contact du zinc. Le métal agit alors par ses impuretés : plomb, étain, cuivre, fer, cadmium et il se forme des couples galvaniques.

La théorie électrolytique de la corrosion indique que parmi ces impuretés le cuivre et le plomb sont les plus dangereuses car elles donnent les couples les plus intenses; en outre le plomb est généralement l'impureté quantitativement prépondérante et constitue de ce fait le principal agent de corrosion.



On sait, surtout d'après les recherches photoélectriques, que l'énergie nécessaire pour soutirer un électron à un métal varie beaucoup selon les cas, généralement plus le métal est noble plus l'énergie de soutirage est importante.

Dans le cas du contact plomb-zinc, le plomb a tendance à absorber les électrons du zinc et à devenir négatif par rapport au zinc, c'est-à-dire à jouer le rôle de cathode. En présence de la solution de sulfate de chaux partiellement dissociée en cations Ca<sup>++</sup> et anions SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ces derniers se dirigent vers l'anode

c'est-à-dire le zinc et on observe une formation de sulfate basique de zinc. Pratiquement les choses sont plus compliquées puisque les ions peuvent réagir sur l'eau, mais ce que je viens de dire constitue le schéma de l'attaque.

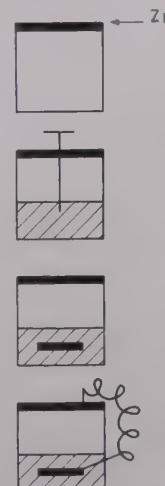
Il faudrait donc théoriquement utiliser du zinc pur. Le zinc électrolytique par exemple donnerait satisfaction si son prix prohibitif ne constituait un obstacle majeur à son utilisation dans le cas particulier qui nous occupe.

On voit également que, s'il est possible d'empêcher la solution de sulfate de chaux d'atteindre le zinc, il ne doit pas y avoir de corrosion; nous verrons en fait dans un instant que dans le cas d'un isolant parfaitement étanche il n'y a pas de corrosion.

Le plâtre qui joue un rôle primordial par son humidité a donc intérêt à être gâché serré, il doit être en plus de bonne qualité et en particulier ne pas contenir trop de surcuit.

Connaissant les principaux facteurs de corrosion nous avons entrepris au laboratoire une série d'expériences en posant des feuilles de zinc de 12/10 mm et de 100 cm<sup>2</sup> sur des cubes de plâtre maintenues humides, en faisant varier principalement la nature des isolants.

Il a été vérifié en premier lieu que sur plâtre sec le contact direct du zinc ne donnait lieu à aucune corrosion.



Les différents cubes supports étaient de nature suivante :

- 1) Cube de plâtre;
- 2) Cube : Plâtre sur béton + clou au milieu;
- 3) Cube : Plâtre sur béton avec armature;
- 4) Cube : Plâtre sur béton avec armature reliée au zinc par un conducteur.

Je n'ai pas le temps de vous donner dans le détail les résultats de ces essais qui durent depuis un an environ, mais en résumé il est possible de faire les remarques suivantes :

1<sup>o</sup> Sur plâtre l'attaque est très sensible pour tous les isolants sauf pour un feutre 18 I et surtout un feutre 18 S.

2<sup>o</sup> Sur les cubes, plâtre sur béton avec la feuille de zinc clouée, l'attaque est généralement beaucoup moins sensible, la corrosion est même nulle avec l'isolant : papier anglais.

3<sup>o</sup> Sur les cubes, plâtre sur béton armé l'attaque du zinc est très importante en particulier avec les isolants imperméables.

4<sup>o</sup> Quand l'armature est reliée au zinc par un conducteur, l'attaque est également très importante mais les papiers les plus imperméables reprennent alors l'avantage.

Ces essais ont donc vérifié :

- a) L'importance de l'humidité du plâtre ;
- b) L'influence de l'imperméabilité du papier isolant ;
- c) L'influence du béton armé et du fer en général qui suivant l'endroit où il est placé joue des rôles divers, souvent défavorables.

Ces essais ne sont pas encore à mon avis suffisants pour prétendre dégager une doctrine générale, toutefois les précautions concernant la qualité du plâtre qui doit être bien cuit, le gâchage serré, l'attente d'une dessiccation suffisante avant la pose du zinc sont incontestables, puisque sur plâtre sec il ne se passe absolument rien.

Toutefois, il semble que sur des chéneaux en béton armé l'influence de l'imperméabilité du papier joue un rôle inverse de celui auquel on s'attend habituellement, ceci demanderait bien entendu à être confirmé, mais il ne fait pas de doute que le fer modifie les échanges électrochimiques du milieu.

**M. le Président.** — Je vous remercie de votre concision; là aussi vous apportez du réconfort à toutes nos inquiétudes. Je pense que les travaux pourront prendre une forme officielle et nous demanderons à notre ami, le Président Lassalle, de poursuivre ses études, de façon à être en mesure de faire, à Rome, un rapport sur la question du zinc.

## *Techniques nouvelles*

# LES MATIÈRES PLASTIQUES DANS LA PLOMBERIE

par **M. GUILLAUD.**

Président honoraire de la Commission technique de la Couverture et Plomberie.

Je veux, en commençant, faire appel à votre indulgence ; la question des plastiques est une question qui passionne le monde actuel. Celle-ci aurait mérité aujourd'hui à cette place un homme de science, aussi je m'excuse de mon manque de qualité.

C'est en toute simplicité que celui qui a eu l'honneur de déposer un des premiers rapports sur l'évolution des matières plastiques dans les travaux de plomberie, à Salzbourg en 1953, vous exposera la situation actuelle dans notre profession.

En commençant cette communication, il me paraît nécessaire de revenir — ne serait-ce que pour ceux qui, parmi vous, n'ont pas suivi nos premiers travaux — sur l'évolution première du produit qui nous amène aujourd'hui, évolution qui avait été indiquée à Salzbourg.

Depuis les temps les plus reculés, l'humanité utilise, comme matériaux, des combinaisons chimiques fournies en quantités énormes par les plantes et les animaux. Exemple la cellulose sous forme de coton ou de fil, la matière première pour fabrication du papier, l'albumine, sous forme de laine et de soie, base de l'industrie textile. Les matières plastiques, ainsi obtenues, ont été découvertes les premières et sont apparues en partie sur le marché dès la seconde moitié du siècle passé. Ce n'est qu'assez récemment que l'on est parvenu à créer des matières plastiques par la voie synthétique.

La fabrication en gros est naturellement étayée sur des matières premières se trouvant à disposition, en quantités presque illimitées dans la nature. De ce fait un grand nombre de combinaisons chimiques sont accessibles à des prix abordables intéressant non seulement l'industrie des matières plastiques elles-mêmes, mais servant également de dissolvant et de ramollissant.

Une autre matière première importante est le phénol aussi appelé acide phénique. Un désinfectant est également utilisé dans la fabrication des phénomoplastics, le formaldéhyde.

Celui-ci est un extrait de l'esprit de bois tiré du bois et utilisé en chimie sous le nom d'alcool méthylique. En dirigeant des vapeurs d'alcool méthylique avec de l'air sur des spirales de cuivre chauffées à blanc on obtient le formaldéhyde.

A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle le chimiste Bayer découvrait que la combinaison du phénol et du formaldéhyde avec un acide produisait un corps résineux. Ce n'est cependant qu'au début du siècle qu'un chimiste belge parvint à se rendre maître du processus exact de la formation de cette résine phénol-formaldéhydique et à l'interrompre à certains stades. Il fut le premier à reconnaître la valeur d'une résine non fusible. Dès lors les progrès furent rapides et bientôt deux groupes principaux se distinguèrent : les résines durcissables et les résines thermoplastiques.

Lorsqu'on soumet une résine thermodurcissable à l'action de la chaleur, elle subit en premier lieu un ramollissement, puis, si on poursuit le chauffage, la matière durcit à la suite d'une réaction chimique interne irréversible.

Au contraire, une résine thermoplastique chauffée ramollira au bout du temps où s'exerce l'action de la chaleur et retrouvera

son état initial en refroidissant ; le cycle pouvant être répété autant de fois que l'on voudra.

Les matières plastiques que nous employons entrent dans cette catégorie.

Les chlorures de vinyle destinés à la fabrication des tuyauteries ont pour base l'action de l'acide chlorhydrique sur l'acétylène avec catalyse par charbons actifs imprégnés de chlorure mercurique.

Le gaz chloruré obtenu est liquéfié dans des autoclaves puis transformé en poudre.

Nous avons examiné à Salzbourg les tubes en chlorure de vinyle et plus particulièrement les tubes rigides ; les tubes semi rigides étant à ce moment plus du domaine du laboratoire que du domaine pratique.

Depuis, le progrès a fait son chemin, aussi nous pouvons actuellement employer dans nos installations, non seulement des produits en chlorure de polyvinyle rigide et semi rigide, mais aussi des produits à base de polyéthylène.

Le polyéthylène est une résine thermoplastique produite par la polymérisation sous haute pression de l'éthylène obtenue à partir du gaz de hauts-fourneaux, le pétrole pouvant être aussi employé comme matière première.

Dois-je vous donner une explication sur les expressions « polymérisation » et « polycondensation » ? Chacun sait que les plus petits éléments de construction de la nature sont désignés par le terme « molécule ».

Les molécules ne peuvent être divisées mécaniquement. Dans des conditions déterminées certaines molécules d'une même matière s'amalgament en groupes plus importants. Il se forme des molécules géantes ou macromolécules. C'est ainsi qu'une macromolécule peut contenir 10 000 molécules. La réunion de molécules d'une même matière en groupe se nomme polymérisation.

La question des matières plastiques est donc une question de combinaisons moléculaires.

Dans la polycondensation ce ne sont plus les molécules d'une même matière qui s'agglomèrent mais des molécules de différentes matières.

La synthèse du polyéthylène est une des conséquences industrielles de recherches théoriques entreprises vers 1930 par la firme anglaise Imperial Chemical Industries, sous l'effet des pressions très élevées supérieures à 1 000 kg/cm<sup>2</sup>. Les essais effectués sur l'éthylène ont amené la préparation d'une poudre de poids moléculaire élevé (1 000 liaisons environ par molécule).

La mise au point industrielle du procédé a été assez délicate. De nombreuses explosions avaient eu lieu au début à cause de la grande quantité de chaleur dégagée par la polymérisation et la très forte proportion d'oxygène se trouvant dans l'éthylène employé.

A l'état brut le polyéthylène se présente sous un aspect circé translucide avec un toucher gras rappelant celui de la

paraffine. Le produit a cependant une structure cristalline avec une proportion de matière amorphe d'un comportement mécanique assez proche de celui des polyamides.

Cette résine présente une remarquable inertie chimique. A la température habituelle elle n'est pas attaquée par les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés; l'acide nitrique fumant n'a d'action qu'après contact prolongé.

Toutes les techniques classiques de mise en œuvre des résines thermoplastiques s'appliquent au polyéthylène. Il peut être mis en feuilles, tubes, barres, etc... On peut le mouler par injection et par compression. On en fabrique les tuyauteries que l'on peut livrer actuellement.

Après le Lucoflex, l'Afcodur, le Polva Nederland mentionnés dans le premier rapport, le marché français, après avoir vu paraître l'Alkathène, enfant de l'Imperial Chemical Industries, a vu suivre le Penaflex, le Plastella, le Socarex, le Riflex, le Plastéline etc..., pour ne citer que ceux-là.

Les premiers tubes que nous avions examinés à Salzbourg étaient en vinyle transparent; on s'est aperçu à l'usage que dans certaines contrées et sous certaines conditions la lumière solaire favorisait, à l'intérieur des tubes, l'élosion de certaines algues, produite par la germination de graines minuscules véhiculées par l'eau. A la suite de cette constatation on a sorti récemment un nouveau tuyau rigide blanc en polychlorure de vinyle dont la couleur annihile la germination.

On continue pourtant à se servir des premiers tubes dans les installations intérieures. Ces tuyaux rigides s'emploient de plus en plus et nous pouvons dire aujourd'hui qu'ils sont employés sans inconveniit technique, que cela soit en vidange ou en alimentation. Bien que des essais aient été faits avec la circulation d'eau à haute température, nous croyons qu'il faut s'en tenir actuellement à la température recommandée lors du premier congrès, 60 à 65°.

Je ne vous rappellerai pas la technique de pose exposée lors du congrès; la majorité des utilisateurs la connaissent aujourd'hui, aussi ne m'y arrêterai-je pas.

L'emploi des tuyauteries en polyéthylène est entré dans le domaine pratique. Ces tuyaux sont gras au toucher et ordinairément de couleur noire. Ceux-ci ont trouvé leur emploi de préférence à la campagne pour les transports à grande distance. Il faut dire pourtant qu'au début on crut pouvoir utiliser cette tuyauterie sans se soucier des pressions; il s'en est suivi quelques déboires d'autant que les jonctions en longueur, les empattements pour dérivations, n'étaient pas toujours faits avec tout le soin désirables. Un arrêt dans l'emploi suivit, mais aujourd'hui, instruits par les événements, la marche a repris plus prudemment et de ce fait plus sûrement.

J'attirerai cependant l'attention des utilisateurs sur la fabrication de la tuyauterie livrée — tout à l'heure je vous parlerai de la marque de qualité — et sur les épaisseurs employées. Les fabricants sérieux ont établi des barèmes indiquant les pressions de service correspondant aux épaisseurs. Il y a lieu d'être prudent et de suivre leurs directives.

La surface intérieure de cette tuyauterie étant lisse, le débit est supérieur d'environ 25 % à celui des tuyaux métalliques; de ce fait il ne peut se produire ni entartrage ni incrustation; sa souplesse et sa légèreté — douze fois moins lourd que le plomb — permettent de livrer ce tuyau en longueurs pouvant atteindre et même dépasser cent mètres. Livré en couronne celui-ci peut être déroulé à la façon des tuyaux de caoutchouc.

Leur point de ramollissement se situe entre 80 et 85°. Cette tuyauterie est insensible aux courants vagabonds; les tuyaux enterrés ne nécessitent aucune protection galvanique ou cathodique.

Ils ne doivent pas être utilisés en service continu à des températures supérieures à 65° et conservent leur souplesse jusqu'à — 25° devenant fragiles à — 35°.

Le polyéthylène est sensible à l'action prolongée des rayons ultra-violets; c'est la raison pour laquelle la plupart des fabricants incorporent au produit un faible pourcentage de carbon-black qui le rend stable.

Ces tuyaux ne s'emploient pas, ou très peu, dans les installations intérieures, le tuyau en polychlorure de vinyle rigide ayant la préférence dans les installations sanitaires intérieures.

Les tuyaux en polyéthylène sont employés surtout en Grande-Bretagne dans les campagnes. Dans ce pays ceux-ci possèdent un label de garantie; aussi, si en France on veut que le produit français se développe il y aurait lieu de conseiller aux fabricants français sérieux d'apposer une marque de qualité très visible sur leur fabrication, celle-ci pouvant servir ainsi de garantie à l'entrepreneur. Actuellement, beaucoup de fabricants ont surgis dont certains livrent des tuyauteries de qualité très médiocre, pour ne pas dire mauvaise; aussi devient-il indispensable que l'entrepreneur connaisse l'origine de fabrication.

Les tubes Alkathène de fabrication anglaise sont marqués de façon durable à des distances maxima de 6 m au moyen d'un ruban adhésif coloré avec un numéro de marque de garantie de la British Standard, organe de contrôle.

Nous souhaitons qu'en France un organe officiel établisse ce label de qualité qui devient indispensable devant la masse des fabricants qui surgissent actuellement.

L'avenir des tuyauteries en polyéthylène en dépend, et à tous mes confrères présents je ne puis que recommander la prudence dans le choix de leurs fournisseurs.

Il serait trop long d'énumérer les principales installations déjà réalisées en polychlorure de vynilene. Beaucoup de laboratoires sont équipés avec ces tubes qui résistent à la majorité des acides et notamment au mercure. Il faut rappeler pourtant qu'ils ne résistent pas à l'iode, aux acétones, aux benzols, au sulfure de carbone.

Notre premier rapport faisait mention des essais effectués dans les Laboratoires du Bâtiment, notamment :

Essais de pression, essais de traction, essais de flexion et d'aplatissement. Les résultats ayant paru avec le rapport, dans la Revue technique de l'Union des Patrons installateurs sanitaires de France, je ne pourrai que vous renvoyer à la lecture du numéro 23 de novembre dernier, pour avoir les renseignements correspondants.

Une installation très importante a été faite par un de nos confrères parisiens, dans le Finistère, à Roscoff. Bien que je ne voudrais pas me répéter et redire ce que j'ai déjà exprimé à Salzbourg, je crois devoir arrêter votre attention aujourd'hui sur cette installation car beaucoup de personnes ici présentes n'ont pas assisté à nos travaux en Autriche.

Il s'agissait à Roscoff d'apporter sous pression, dans des laboratoires, de l'eau de mer dont la composition naturelle devait être respectée. Il fallait donc un matériau neutre sous l'action de l'eau de mer.

Une installation semblable à celle à effectuer avait été faite en ébonite; on choisit cette fois-ci les tuyaux rigides en chlorure de polyvinyle.

L'eau de mer a été pompée dans un vivier par quatre pompes de 12 ch dont toutes les parties en contact avec l'eau de mer furent construites en acier inoxydable.

Quatre tuyaux d'aspiration en chlorure de 0,125 apportent l'eau; trois tuyaux de refoulement de 0,100 distribuent l'eau à un premier réservoir (cote + 21) avec 50 m de longueur de refoulement; à un deuxième réservoir (cote + 17) avec 45 m de longueur de refoulement; et à une citerne en contre-bas avec une longueur de refoulement de 110 m.

La grosse robinetterie a été faite en fonte ébonitée; la robinetterie d'arrêt à partir de 0,050 étant en chlorure, les robinets de puisage, les robinets de commande à distance en chlorure également.

Les photographies ci-après donnent des vues d'ensemble du bâtimenrt et des détails de l'installation.

Comme référence actuelle cette installation peut figurer comme une des plus importantes avec celle faite à Joinville dans un grand laboratoire de produits photographiques.



FIG. 1. — Centre national de la Recherche scientifique.  
Laboratoires d'Océanographie de Roscoff.  
(Photos Henri Piriou, St Pol de Léon).

Tour des deux réservoirs superposés d'eau de mer.

FIG. 3. — Trois pompes de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Aspirations en polyvinyle de 125/140.

Refoulement en polyvinyle de 80 90.

Collecteur de refoulement de 102 114.

Pompe n° 1 : Réservoir supérieur de la tour.

Pompe n° 2 : Réservoir inférieur de la tour.

Pompe n° 3 : Citerne intérieure des nouveaux laboratoires distants de 100 m.

En cas de panne d'une ou même de deux pompes, le collecteur de by pass permet d'assurer l'alimentation de l'ensemble des installations en isolant la ou les pompes en panne.

Une pompe n° 4 a été installée depuis et mise en by pass avec les trois autres pour assurer l'alimentation continue.

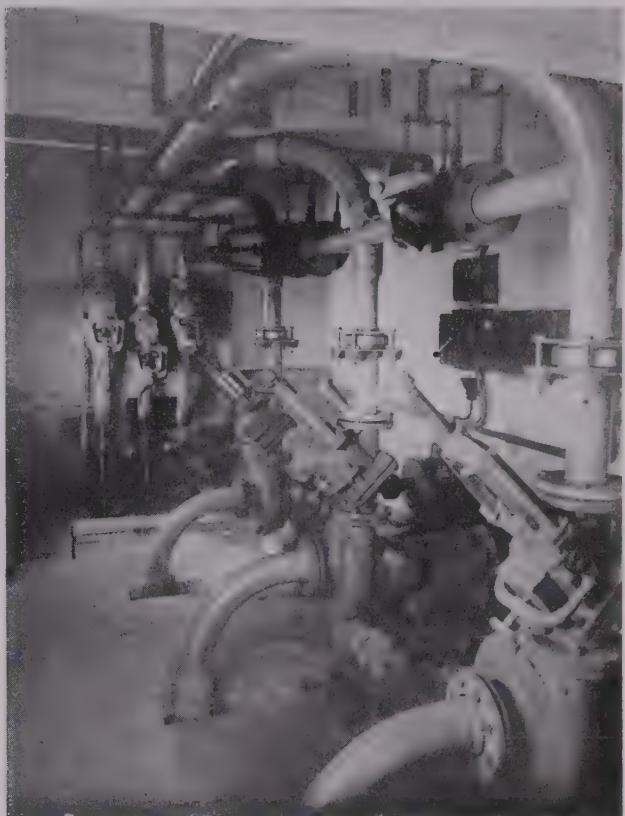


FIG. 2. — Salle des pompes.





FIG. 4. — Entrée principale des nouveaux laboratoires.

FIG. 6. — Salle des pompes de refoulement d'eau de mer de la citerne de 300 m<sup>3</sup> vers le réservoir de distribution placé dans les combles.

Ce groupe de pompage est équipé de quatre pompes de puissance moyenne dont on voit les quatre aspirations en polyvinyle.

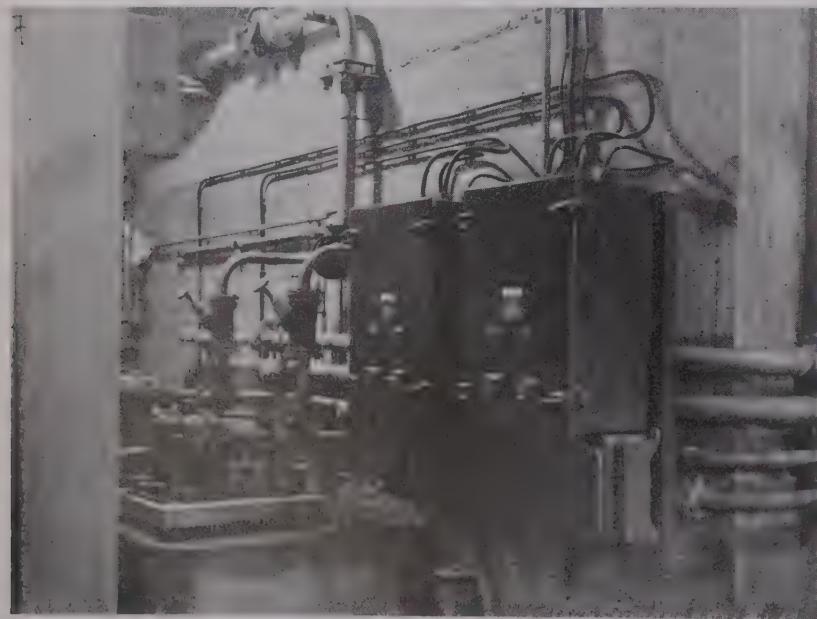


FIG. 5. — Bac de détente du refoulement d'eau de mer en chlorure de polyvinyle avec les deux départs d'alimentation de la citerne de 300 m<sup>3</sup> en tuyau de 125/140.



FIG. 7. — Réservoir de distribution d'eau dans les combles.

Placé à la cote + 20 par rapport aux pompes il est en béton,  
la paroi intérieure est protégée par un enduit vinylique.

Arrivée en 100 mm.

Départ en 125 mm.



FIG. 8. — Herse des distributions principales  
des fluides à chaque étage.

La distribution d'eau de mer est à gauche de la photographie.



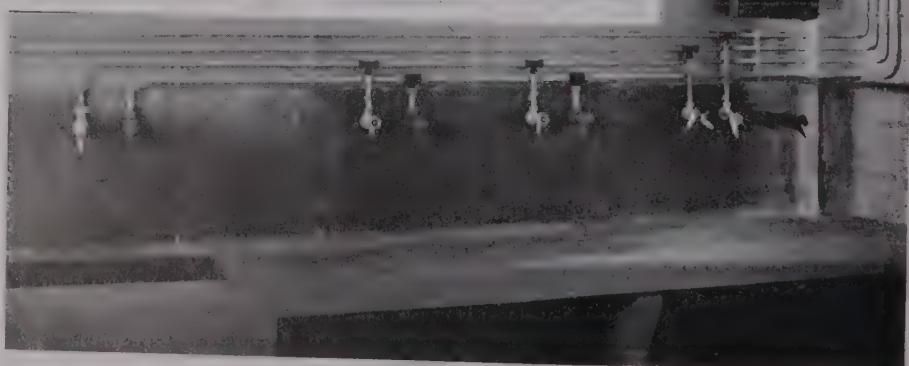
FIG. 9. — Salle des travaux pratiques pouvant recevoir 50 étudiants.

L'eau de mer est distribuée à chaque cuvette ou évier. Toute la robinetterie est en chlorure de polyvinyle.

FIG. 10.  
LABORATOIRE  
DE  
CHIMIE.



Ci-contre, équipement d'une table d'aquarium : eau de ville, eau de mer, gaz, air comprimé.



Les tuyauteries en matière plastique sont entrées, comme vous le voyez, dans le domaine pratique. Grâce à la concurrence la robinetterie tend à se perfectionner mais là il y a encore beaucoup de progrès à réaliser, de même que dans le domaine des raccords.

J'ouvrirai une petite parenthèse à leur sujet : depuis 25 ans, en liaison avec le C.N.M. et l'A.F.N.O.R., en qualité de représentant de la Chambre Syndicale Parisienne, j'ai cherché à obtenir la normalisation des pièces usuelles nécessaires à notre profession. Nos efforts n'ont malheureusement pas abouti au degré désiré.

Actuellement il s'agit d'une matière relativement nouvelle pour nos industries; puis-je demander à tous les fabricants que la matière intéresse de faire un petit effort pour être disciplinés et pour ne produire que des pièces de calibres normalisés?

Ceci dit, j'abandonnerai les tuyauteries pour me tourner vers une autre fabrication en matières plastiques.

En partant de la poudre matière première, en la chauffant et malaxant aux environs de 170°, et en la passant à la calandre, on obtient une feuille de 50/100 ou 70/100, suivant les fabricants. Cette feuille est dénommée feuille primaire; de cette feuille partent les plaques : on empile ces feuilles primaires, on les presse en chauffant sous 120 à 130 kg de pression.

Les dimensions des plaques ainsi obtenues sont ordinairement, suivant les fabricants, de 1,10 × 0,70 ou 2,80 × 0,85, l'épaisseur variant de 1 à 25 mm.

On fabrique également des blocs dont les dimensions sont ordinairement inférieures, environ 0,50 × 0,50, mais dont l'épaisseur est plus grande.

Les blocs sont fabriqués dans une qualité différente des plaques normales, cette différence provenant du fait que l'on est obligé de plastifier plus ou moins légèrement pour obtenir une meilleure homogénéisation de la matière.

Les plaques servent à faire des revêtements de tables de laboratoires; on en fait également des revêtements muraux.

Celles-ci pouvant s'emboutir parfaitement, on a fabriqué des cuvettes de laboratoires qui ont déjà rendu de grands services car résistant à la majorité des acides.

La majorité de nos confrères ont employé des réservoirs de chasse en matière plastique, des boules flotteurs sont fabriquées avec ce produit; les abattants de cuvettes de W.-C. sont connus de la majorité du public, etc..

Dois-je vous entretenir de la réalisation d'articles sanitaires? Je voudrais par ce mot englober les évier et les lavabos. On en produit et vous en avez sûrement déjà vus. Il est difficile actuellement de formuler une opinion sérieuse basée sur des faits précis, car personne ne peut exactement dire ce que deviennent ces appareils au vieillissement. Ceux-ci sont d'ailleurs fabriqués en matériaux parfois très différents, tout en s'englobant sous la dénomination de matières plastiques.

Nous avons fait faire des essais en laboratoire, sur des appareils sanitaires en matière plastique. Je vous donnerai le résultat de ces essais sans commentaires, ne voulant pas ici formuler une opinion dans un sens comme dans un autre.

Une brosse de chiendent raye le produit;

Un couteau tombant de 5 cm laisse une marque;

Une casserole glissée sur la paillasse d'un évier laisse des traces!;

**M. le Président.** — Je ne ferai qu'un commentaire, j'estime qu'il y a un mot de trop et que notre confrère M. Guillaud était très qualifié, au contraire, pour nous faire une conférence de cet ordre. Je l'en remercie.

Je vais maintenant donner la parole aux conférenciers qui ont effectué un voyage en Amérique, et tout d'abord à MM. Delacombe et Jean Charlent dont l'exposé se situera plus particulièrement sur le plan technique, tandis que MM. Bruyère et Aubry se placeront sur le plan de l'enseignement. Je vous rappelle que les conférenciers que vous avez devant vous ont appartenu, l'un à une mission de productivité, et les trois autres à une mission d'enseignement technique dont, étant des entrepreneurs, nous avons cependant dégagé des enseignements profitables.

Les traces des rayures s'enlèvent par contre assez facilement à la lessive et avec le Plexipol; les rayures sont grâce à ce fait assez peu visibles.

L'action des produits ménagers ne laisse aucune trace.

Les produits suivants laissent une légère trace : benzène, trichloréthylène, permanganate de potasse, révélateur photographique.

L'affaissement des fonds de cuve au remplissage est assez net, mais une fois vidé le fond reprend sa forme; à l'eau froide on a ainsi constaté une flèche de 5 à 6 mm; à l'eau chaude la flèche atteint 9 mm. Sous 25 kg de charge la résistance de la paillasse de l'évier a fait paraître une flèche de 5 à 7 mm.

On doit, par contre, signaler la facilité avec laquelle la matière plastique constituant les appareils s'enflamme à l'approche, contre les bords, de la flamme d'une simple allumette.

La fabrication des appareils sanitaires n'a fait, à notre avis, que ses premiers pas, et sans aucun doute, dans un avenir prochain, on assistera à des progrès, d'autant qu'actuellement on travaille beaucoup les résines polyestères, avec ou sans fibre de verre. Tous les visiteurs du salon de la Chimie ont pu voir au stand de Saint-Gobain une carrosserie automobile et nous sommes certain que très prochainement on assistera à un développement dans la fabrication des appareils nécessaires à notre profession.

Une baignoire américaine doit être livrée sous peu à un usinier qui me touche de très près; je compte bien en suivre le comportement. Celle-ci serait employée en Amérique dans les roulettes de camping et pèse un poids ridiculement bas, quelques kilogrammes.

Dois-je, avant de terminer, aborder les matériaux de couverture? En Allemagne centrale on a construit des milliers de mètres de gouttières; en France on a posé des tuyaux de descente d'eaux pluviales et ménagères. La plaque plane ou ondulée au polyestère, avec fibre de verre, a déjà été employée. Vous en avez un exemple à deux pas d'ici au coin de la rue de Lutèce et du Boulevard du Palais. Ces plaques intercalées à des endroits appropriés dans une couverture, permettent l'éclairage des greniers, des pièces sous toiture, sans avoir besoin d'établir un châssis établi ordinairement sur costière.

Que cela soit le Plexiglas ou l'Ondulair, le Scobalit, pour ne citer que ces noms-là, ce matériau a donné jusqu'alors satisfaction pour la couverture de marquises, de serres, pour l'éclairage naturel d'ateliers. Je me suis laissé dire qu'un entrepreneur avait couvert des auvents de boutiques avec ce produit et qu'il comptait essayer de couvrir des entablements et des bandeaux.

Il est hors de doute que sous peu nous allons assister à l'évolution de ce genre de matériau qui a fait excellente figure au dernier salon de la Chimie mais qui, malheureusement, est actuellement d'un prix onéreux.

Mon exposé s'arrêtera là aujourd'hui. Des bas nylon à la carrosserie automobile, en passant par les produits utilisés déjà dans notre profession, l'industrie des matières plastiques a un champ libre et très étendu.

Notre profession peut avec prudence employer ce nouveau matériau qui a conquis déjà pas mal d'adeptes. Nous sommes en pleine évolution de ce matériau, sachons en profiter pour les biens présent et futur de notre industrie.

Tel sera le vœu que je formulerais en terminant cette cause, en vous remerciant de l'attention que vous y avez portée et en m'excusant d'être trop peu qualifié pour intéresser un public tel que celui qui se trouve devant moi,

## *Ce qu'ils ont vu en Amérique*

# LE MARCHÉ DU BATIMENT, LA MAIN D'ŒUVRE, LES TECHNIQUES ET LES MATÉRIAUX

par **M. DELACOMMUNE.**

Membre du Conseil d'Administration de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture et Plomberie de Paris et de la Seine.

Un compte rendu sommaire de cette mission qui a eu lieu sous le signe de la productivité, et plus spécialement sous celui de la préfabrication, doit nécessairement commencer par une observation. Il est remarquable que deux métiers ne préfabriquent apparemment pas le moins du monde : ce sont les plombiers et les électriciens.

Il semble que deux raisons puissent expliquer cet état de fait ; primo une certaine opposition, qui paraît d'ailleurs provisoire, des puissants syndicats ouvriers ; de seconde, une crainte manifestée par nos confrères américains qui semblent redouter que la préfabrication ne soit faite par des gens étrangers à la profession et, en particulier, par les entrepreneurs de gros-œuvre, qui sont en réalité des menuisiers-charpentiers, puisque la construction en bois représente environ 90 % de l'habitat américain.

Ces constructeurs, souvent appelés « builders », ont des moyens extrêmement puissants et seraient, apparemment, fort capables de fabriquer la plomberie puisqu'il ne s'agit après tout que d'un façonnage de tubes à réaliser en harmonie avec l'ossature des maisons. Il semble bien, toutefois, que cette crainte soit en voie de réelle atténuation.

Je crois qu'il est utile, avant d'aborder les questions purement techniques, de parler de l'aspect général de l'ensemble du bâtiment aux États-Unis.

Ce qui frappe de prime abord, c'est l'aspect de la main-d'œuvre : elle est, au fond, assez peu qualifiée, mais de rendement très constant. La normalisation des méthodes de construction la met sensiblement toujours devant les mêmes tâches. Mais après avoir vu travailler l'ouvrier américain, il faut, de bonne grâce, constater que l'ouvrier français a des qualités invraisemblables d'adaptation et que, si son rendement n'est pas toujours cité en exemple, c'est parce que nous le mettons trop souvent devant des tâches extrêmement diverses.

Les ouvriers français, par opposition à leurs collègues américains, sont capables de mettre en œuvre d'innombrables matériaux, depuis le plastique en passant par le cuivre jusqu'au fer, etc... Ce sont des soudeurs, ce sont des fileteurs, ce sont des chaudronniers...

L'effort d'adaptation que nous demandons, en France, à notre personnel ouvrier est, par contraste, absolument invraisemblable.

Aux États-Unis, rien de comparable ; les techniques de construction sont presque toujours les mêmes et quand un plombier a reçu une formation de chantier de quelques mois on le considère comme parfaitement qualifié, car il fera presque toujours, les mêmes opérations sur les mêmes matériaux, avec le même outillage qui est pratiquement interchangeable d'une entreprise à l'autre.

On est, en général, frappé par le bon climat qui règne aussi bien sur les chantiers que dans les entreprises ; les conflits

concernent le plus souvent (comme chez nous) les questions de salaires, mais ils restent généralement dans un cadre strictement professionnel, la politique restant en dehors des préoccupations des antagonistes. Il semble que les syndicats ouvriers s'intéressent, presque toujours, à la productivité des entreprises.

On est ainsi amené à constater que dans notre pays il nous manque réellement cet élément constructif et qu'il est très difficile, sur le plan national, de trouver l'interlocuteur valable et, à mon sens indispensable, pour développer au sein de nos entreprises cette notion de productivité.

Je vous proposerai maintenant de parler très rapidement du marché tel qu'il se présente aux États-Unis. J'attire à nouveau votre attention sur le fait que l'habitat est la plupart du temps constitué par des maisons individuelles ; les immeubles, les buildings, sont presque toujours destinés à des usages industriels et commerciaux.

En France nous ne considérons pas très sérieusement la construction en bois ; c'est le baraquement qui a laissé des souvenirs pénibles à de nombreux Français. Aux États-Unis quand on parle du bois, il s'agit d'ossature en pin de l'Orégon, de revêtements extérieurs en cèdre ; en un mot, si le terme est le même, les matériaux désignés ne sont pas comparables.

On se trouve donc devant un marché considérable de logements individuels construits sur des initiatives privées, ce qui implique que le marché est entièrement entre les mains des entreprises de construction ; ce sont elles qui déterminent les types de construction, qui suggèrent à la clientèle telle ou telle autre formule-de confort, et qui choisissent les modes de construction les plus avantageux ou les plus séduisants. Ainsi nos confrères américains m'ont signalé que depuis trois ans il y avait une évolution constante due à leurs propres efforts. Il y a trois ans, en effet, on considérait que chaque maison devait posséder une salle de bains (baignoire, lavabo, water), tout ceci bien entendu dans la même pièce. Or, actuellement, presque toutes les réalisations neuves comportent deux ou (curieuse mesure) deux salles de bains et demie, voire trois (une demie salle de bains ne comporte qu'un lavabo et des W.-C.).

Il apparaît donc que les entreprises par leur action directe, soit de publicité, soit de propagande, aussi bien par catalogues que par radio ou télévision, ont fait augmenter l'importance des débouchés de la profession. Ces entreprises sont complètement dégagées de la sollicitude des pouvoirs publics, en fait d'autorisation, de crédit, de surface corrigée, de réglementation, de prix ou de rabais imposés, elles donnent, en un mot, l'agréable impression d'être « majeures » et, par là même, maîtresses de leurs destinées.

Il est évident qu'une telle structure n'est possible que dans le cadre d'une clientèle possédant un certain esprit. La clien-

tèle américaine est essentiellement disciplinée ; quand celle-ci achète une marchandise déterminée, nous pouvons considérer une installation sanitaire comme une simple marchandise, elle la choisit, pour ainsi dire, sur catalogue et n'intervient jamais ni dans l'élaboration du projet, ni pendant les travaux ; et ceci est un facteur de productivité énorme. Cette clientèle n'intervient pas plus dans le choix d'une technique ou d'un appareil qu'un acheteur de chez nous ne discutera de la boîte de vitesse d'une 4 ch avant de l'acheter.

Le client n'est pas, pour autant, à la merci des entreprises pour cela, car il ne faut jamais perdre de vue qu'aux États-Unis le client sait qu'il est efficacement protégé « des aventures » par le seul jeu d'une concurrence, impitoyable certes, mais très ouverte.

Nous avons visité des sites de construction de quelques dizaines ou quelques milliers de maisons ; les constructeurs américains, les « builders », achètent eux-mêmes assez fréquemment un terrain et décident de construire des logements puis de les vendre. Ceci implique donc la première notion de productivité, c'est-à-dire la série, car ces logements sont généralement du même type ou, tout au moins, constitués d'éléments très prototypés, ce qui permet, incontestablement, des études de base extrêmement sérieuses.

En ce qui concerne la notion de série, ce serait une solution facile et paresseuse d'affirmer que l'échelle américaine est sans rapport avec la nôtre ; en matière de construction je crois que ce n'est pas un paradoxe d'affirmer que nos marchés réciproques sont, à peu près, de même ordre de grandeur : pour un territoire déterminé, comportant une population déterminée, nos entreprises ont à faire face à la même demande ; il ne faut pas oublier, en effet, que le marché américain est fractionné à l'échelon du nôtre par une législation extrêmement complexe concernant le bâtiment. En effet, j'ai recherché pour notre usage des documents relatifs au code de plomberie sanitaire, j'en ai trouvé plusieurs dizaines, il y a les codes fédéraux, les codes d'état, les codes municipaux, les codes de comtés, etc... ce qui implique une décentralisation des travaux ramenant les travaux américains à l'échelle des nôtres ; en effet, il semble qu'un entrepreneur du Texas aurait par exemple beaucoup de mal à travailler en Virginie ; et nos expériences actuelles nous amènent à constater qu'en France il est courant de voir se traiter des affaires concernant quelques dizaines ou quelques milliers de logements.

En ce qui concerne la technique pure nous n'avons pas beaucoup de transpositions possibles. D'abord les conditions économiques sont complètement différentes, le bon marché des matières premières a pourvu les États-Unis d'une invraisemblable abondance de matériaux de toutes sortes à des prix très bas ; il suffit de compulsier des catalogues de raccords, épais comme des dictionnaires, pour constater qu'il en existe une variété fabuleuse, ce qui explique en partie la qualification approximative de la main-d'œuvre américaine qui n'est que très rarement amenée à fabriquer ou à transformer les matériaux ; ce sont beaucoup plus des monteurs que des façonniers.

Ceci explique également, d'ailleurs, que la préfabrication n'a pas pris le caractère d'une nécessité absolue, étant donné qu'on peut dire qu'elle existe en puissance dans cette variété de pièces manufacturées. J'ai remarqué avec beaucoup d'intérêt l'emploi presque exclusif du tube d'acier, le plus souvent sous des épaisseurs plus fortes que les nôtres ; les raccords sont souvent en acier forgé et non en fonte malléable, ce qui leur donne une compacité, une homogénéité parfaites ; et c'est pourquoi l'on ne se soucie que fort peu des parcours et l'on n'hésite pas à enterrer ou à encastrer des kilomètres de tube dans du béton, étant donné qu'il n'y a pratiquement pas le risque de métal poreux.

Le cuivre est également employé d'une façon tout à fait courante, et voire sous la forme de cuivre fileté. J'ai vu des installations complètes de distributions de gros diamètres en cuivre de 8 à 10 mm d'épaisseur monté sur raccords. Là également le prix du matériau n'a pas une très grande importance.

Ceci explique l'absence à peu près complète de matière plastique en plomberie. Pourquoi voudrions-nous que les Américains se soucient de trouver des matériaux de remplacement alors que les matériaux traditionnels, les meilleurs qui soient, entrent pour une très faible part dans les budgets de construction. Bien qu'on travaille la question dans les laboratoires et les Universités, il n'y a pas actuellement urgence à mettre en route une industrie, tout au moins pour les besoins de notre profession.

L'appareillage sanitaire est de toute beauté. Nous avons beaucoup de leçons à prendre là ; nos fabricants pourraient s'en inspirer aussi bien au point de vue des qualités, qu'au point de vue des formes et des présentations ; les montages des robinetteries sont d'une grande simplicité.

On s'aperçoit que le marché de la céramique perd de plus en plus de place et est remplacé très avantageusement par la tôle émaillée pour les baignoires, les éviers et les lavabos, et par la fonte en ce qui concerne les lavabos et les éviers. On peut dire qu'actuellement la céramique ne conserve qu'une seule exclusivité, c'est celle des cuvettes W.-C.

L'aspect de ces appareils les met absolument au-dessus de tout soupçon. J'ai l'habitude de nos fabrications en céramique, or, à moins de donner un coup de pied dans une baignoire il est absolument impossible de s'imaginer qu'elle est en tôle.

J'ai eu la bonne fortune de visiter là-bas une usine de la C.N.R. américaine ; j'ai été surpris de voir dans ses vitrines une importante fraction de sanitaire en fonte émaillée.

Ceci pourrait être un encouragement pour nos propres industriels ; étant donné la pénurie dont nous souffrons actuellement, il ne serait peut-être pas mauvais que nos métallurgistes puissent mettre en route des appareils de cette sorte. D'ailleurs, je crois que beaucoup de gens s'y intéressent déjà.

La robinetterie est également somptueuse ; l'explication m'en a été donnée par plusieurs confrères, elle est simple : les réparations et les mises au point sont tellement coûteuses qu'il est préférable de mettre tout de suite un article de qualité parfaite. Ceci est tout à fait valable en ce qui nous concerne.

Par contre, cette richesse entraîne un apparent gaspillage de matière ; il y a beaucoup de parcours peu ou pas étudiés ; on relève également des diamètres extravagants, j'ai vu couramment alimenter une cuvette à action siphonique en tube de 27 mm ; on remarque presque sur chaque appareil aussi bien pour l'eau froide que pour l'eau chaude des anti-béliers constitués d'ailleurs très simplement par un prolongement de la canalisation d'alimentation elle-même en une amorce tamponnée à son extrémité.

Je vous dirai encore que nos confrères américains bénéficient généralement pour leurs travaux d'une étude préalable très poussée, ce qui évite beaucoup de tâtonnements et de pertes de temps au chantier. Ces études sont d'ailleurs intangibles ; le client n'interviendra jamais pour faire remettre une installation à son goût, ce qui est fort appréciable.

Les chantiers ont des moyens de manutention puissants. J'ai repéré, vendu d'ailleurs par C.N.R., un chariot pour transporter les baignoires et les chauffe-eau ; il est muni de sangles de fixation très simples et, en plus des roulettes, d'une sorte de chenille en caoutchouc souple qui permet à deux hommes de le tirer dans un escalier, aussi bien pour le monter que pour le descendre.

L'outillage est considérable et de très bonne qualité. Il y a beaucoup de filières électriques ou de tourné-tubes électriques. Le filetage à main est pratiquement inconnu. Sur les lieux de construction on remarque très souvent des camions-ateliers avec leur propre source d'énergie, souvent des batteries de 24 volts et des petits moteurs auxiliaires; cela permet à l'entreprise d'avoir tout un matériel d'atelier sur le chantier.

L'étude des hauts salaires donnés dans nos professions aux États-Unis nécessiterait un très long développement et nous amènerait à analyser une partie de l'économie américaine, ce qui n'est certes pas mon propos.

Si l'on peut conclure d'un voyage aussi long dans un compte rendu aussi bref, il faut s'en tenir au chapitre des généralités et l'on pourrait retenir les points suivants :

- Un marché très vaste soutenu et perpétuellement amélioré par les entreprises elles-mêmes;
- Des études « définitives » et poussées dans le plus petit détail;
- Des matériaux d'excellente qualité qui, en fin de compte, sont bien les plus économiques;
- Une main-d'œuvre acceptant de bonne grâce un certain niveau de production.

En fait, rien de tout ceci qui n'existe déjà plus ou moins dans notre pays et il est bien certain que si ces différents facteurs s'alliaient étroitement avec la souplesse d'adaptation de notre main-d'œuvre et aux conceptions le plus souvent très originales de nos techniciens, il n'y aurait plus qu'à introduire dans nos entreprises la notion d'un climat social plus détendu, et nous n'aurions ainsi certes plus rien à envier à personne.

# *Ce qu'ils ont vu en Amérique*

## LA CONSTRUCTION

par **M. Jean CHARLENT.**

Professeur aux Cours de Brevet professionnel.

C'est une tâche malaisée que de donner en quelques lignes, à la fois des impressions de voyage et des constatations techniques sur ce très vaste domaine qu'est le bâtiment aux Etats-Unis, c'est pourquoi nous emprunterons, pour ce bref entretien, nos réflexions et nos souvenirs, à quelques photographies caractéristiques.

L'aspect le plus mondialement connu de la construction aux Etats-Unis est caractérisé par le « gratte-ciel ». Toute ville américaine importante comporte au moins une de ces constructions



FIG. 1. — Un gratte-ciel.

monumentales qui d'un besoin d'élargissement vertical est devenu rivalité de compétition. Le plus haut building s'est ainsi trouvé détrôné par le plus vaste et celui-ci semble actuellement laisser la première place au mieux aménagé. Ceci conduit à une étude très poussée du confort intérieur au détriment, bien souvent, de l'aspect architectural extérieur. Multiplicité et rapidité ascensionnelle des ascenseurs, climatisation non seulement des pièces habitables mais des couloirs et dégagements, service sanitaire ultra-développé (groupes collectifs d'étage, fontaines à boire, eau chaude, eau froide, eau glacée). — Eclairage et distribution électrique établis suivant l'emploi des pièces. — Luminescence orientable et « store vénitien » généralisé permettant une gradation complète de l'intensité lumineuse. — Peinture calculée en laboratoire pour le dosage des pigments et la fixation de la couleur en fonction des complexes ombres-lumières.

Disons encore pour conclure qu'aucune sorte de canalisations n'est visible, que les toitures sont réalisées par étanchéité multicouche protégée par dalles en cas de garage supérieur et que, dans presque tous les cas, l'ossature du building est réalisée en charpente métallique.

L'urbaniste américain rêve de ceinturer chacun des bâtiments de ce genre, d'un lotissement de maisons basses, afin d'ensoleiller et d'aérer les grandes villes.



FIG. 2. — Charpente métallique d'un building commercial.

L'immeuble collectif tend à se développer au pourtour des centres urbains. Son aspect est comparable aux constructions de la ceinture verte parisienne. L'ossature est métallique, les planchers en hourdis creux, les murs extérieurs en briques ordinaires, les fenêtres métalliques, les sols en parquet, et revêtement plastique dans les salles d'eau, les murs et cloisons intérieurs soigneusement isolés et revêtus de plaques de plâtre préfabriquées genre Plasterboard.



FIG. 3. — Immeubles collectifs.

La figure 3 représente l'un de ces bâtiments construit dans la banlieue de Philadelphie par le Syndicat des charpentiers.

Mais il est un mode de construction qui se généralise de plus en plus dans les grandes banlieues : c'est le lotissement par maisons individuelles. Le terrain pris en friche est entièrement modifié, la voirie créée, les services généraux d'égout, d'adduction d'eau, d'électricité installés. Le lotissement comporte parfois plusieurs centaines de bâtiments. Le parc, le stade, la piscine, l'église, l'école seront alors créés à fonds communs. Ces villes champignons, après de longues études, poussent en quelques mois. Les bâtiments sont de trois à quatre types différents, les couleurs et la grande place réservée à la verdure rompent toute monotonie. Le confort intérieur voisine la perfection : logement vaste, propre et agréable que tout Américain a le plus vif désir de posséder.

La maison particulière est beaucoup plus rare aux Etats-

Unis. La construction « en dur » étant d'un prix de revient très élevé et les frais d'étude n'étant souvent possibles que grâce à la répétition. L'Américain vit sans complexe dans un logement en tous points semblables à celui de son voisin. Ainsi la figure 5 représente une sorte d'exception : aspect un peu austère de la brique rouge, de la pierre de revêtement en grès sombre, de la couverture en ardoises d'asphalte.

Un style de construction semble devoir prendre un grand essor c'est « la maison californienne ». Témoin cette école maternelle des environs de West-Point dans laquelle deux idées directrices ont été adoptées dès la conception du bâtiment : suppression complète de tout escalier et ascenseur, protection maximum contre la chaleur solaire. Nécessitant un terrain vaste, ce type de maison est encore peu répandu dans l'Amérique de l'est bien que des architectes vendent des séries de plans et approvisionnements complets pour construire soi-même de tels logements.



FIG. 4. — Lotissement par maisons individuelles.



FIG. 5. — Maison particulière.



FIG. 6. — École maternelle. — Construction de type californien.

D'une façon générale, la construction est « légère ». Ceci est dû principalement au fait que les bois, dits « coloniaux » en France, sont peu coûteux aux Etats-Unis par rapport à l'extraction, la taille et le transport de la pierre. La corporation de charpentier représente donc un état aussi important que le maçon et dans certaines régions elle constitue le corps d'état principal.

La fabrication en ateliers ou en usines d'éléments en bois contribue encore au développement de cette méthode.

La technique la plus fréquemment rencontrée est la suivante :

- Etablissement dans le sol des réseaux généraux de canalisations;
- Constitution d'une dalle porteuse en béton;
- Elévation d'un rez-de-chaussée en mur de briques porteur;

— Solivage en bois;

— Construction du premier étage tout bois.

Les techniques propres aux installations sanitaires demeurent relativement simples. Les métaux les plus employés sont : le cuivre, la fonte épaisse, le tube acier. Le plomb est presque méconnu. La plomberie est essentiellement cachée. Elle est installée avant les cloisonnements intérieurs telle que le montre la figure 8 représentant une salle de bains, la plomberie étant terminée. Les appareils, baignoire, W-C. et lavabo seront posés après le revêtement du sol et des cloisons.

Ainsi nous pouvons dire, en manière de conclusion, que le bâtiment aux Etats-Unis est très étudié, rapidement exécuté par des ouvriers essentiellement spécialisés et disposé suivant les besoins et l'utilisation qu'on en attend.



FIG. 7. — Technique de construction la plus fréquente.



FIG. 8. — Mise en place de la plomberie avant les cloisonnements intérieurs.

(Photos Jean Charlent).

# *Ce qu'ils ont vu en Amérique*

## L'ENSEIGNEMENT ET LA FORMATION PROFESSIONNELLE

par **M. BRUYÈRE,**

Inspecteur de l'Enseignement technique.

C'est une tâche assez redoutable que d'exposer devant vous un problème aussi vaste que celui de l'enseignement dans un pays comme les Etats-Unis, surtout après les exposés si brillants et documentés qui viennent de vous être faits.

J'essaierai cependant de vous donner un aperçu de la question, aussi brièvement et aussi clairement que possible. Je m'excuse à l'avance de l'aspect schématique donné volontairement à cette communication, en raison de l'heure avancée.

Pour la clarté de l'exposé et pour situer exactement le problème, je commencerai par vous donner le résultat de quelques observations préliminaires d'ordre général, puis nous verrons ensuite l'organisation de l'enseignement dans son ensemble, sa répercussion sur l'enseignement professionnel; enfin vous me permettrez de souligner quelques remarques, et de tirer des conclusions sans doute très rapides et superficielles à la suite de ces études.

Quand on étudie un problème comme celui-ci, dans un pays aussi vaste, il faut être prudent et je commencerai par vous dire que notre étude a porté sur une région relativement limitée des Etats-Unis : le nord-est et sur des établissements et des organisations des grandes villes, laissant de côté à notre grand regret, l'aspect rural de la question.

Nous avons en face de nous une organisation très décentralisée, de même que pour toutes celles de ce pays, et nous verrons tout à l'heure le rôle des différents échelons.

Comment s'est présenté pour les Etats-Unis le problème de l'apprentissage? Jusqu'à la guerre de 1914/1918, aucun souci. Il était commode de faire appel à la main-d'œuvre d'Europe principalement, et directement à des professionnels qualifiés. Mais pendant la guerre de 1914/1918 la mobilisation de la plus grande partie de l'Europe, et ensuite la réparation des dommages consécutifs à la guerre, provoquent un tarissement de l'immigration de la main-d'œuvre qui était, au dire de chacun, très appréciée.

Les Etats-Unis se sont donc trouvés immédiatement devant un problème urgent et nouveau à résoudre, et c'est peut-être la raison qui les a amenés à décentraliser complètement l'organisation, comptant sur les différentes initiatives quelle que soit leur importance, pour étendre le réseau des bonnes volontés.

Un autre aspect qui n'est pas négligeable et que nos collègues ont signalé au passage, est celui du rôle prépondérant des syndicats ouvriers américains. Il faut bien le reconnaître, les syndicats ouvriers sont à peu près les maîtres de la profession; les employeurs sont pour ainsi dire inorganisés devant ces puissants organismes qu'étaient les deux centrales syndicales l'A.F.L. et le C.I.O. qui, je crois, sont maintenant réunies en une seule.

Ils ont mené une politique de hauts salaires, ils y tiennent évidemment mais ils veillent également à la qualité et donnent une très grande importance au rendement, voulant en quelque sorte justifier ces salaires.

Vous avez entendu tout à l'heure MM. Delacommune et Charlet qui vous ont donné un aperçu de la construction aux Etats-Unis. Il est inutile d'insister sur cette question mais je voudrais simplement souligner à nouveau que pour les Américains le problème de main-d'œuvre ouvrière qualifiée telle que nous l'entendons chez nous, ne se pose pas.

On fait appel plus généralement à des spécialistes qui sont habitués à réaliser vite et à peu près bien un travail déterminé : pose de plaque au plâtre, de revêtement quelconque, menuiserie, charpente simples, etc... De toute manière, c'est toujours un travail étroitement spécialisé mais minutieusement préparé.

Spécialisés, seront également les techniciens. Ils auront à résoudre des problèmes d'organisation, de préparation, de surveillance et de conduite de chantier, mais toujours dans des limites nettement définies et étroites. Nous n'aborderons pas le problème des ingénieurs et des architectes. Nous soulignerons simplement que les ingénieurs sont, eux aussi, très spécialisés.

**L'enseignement aux Etats-Unis** a en général deux caractéristiques essentielles : comme je vous l'ai dit tout à l'heure, il est d'abord très décentralisé. Le gouvernement fédéral a un contrôle très lointain sur l'organisation, nous verrons tout à l'heure son rôle; à vrai dire, en matière de formation professionnelle, celui-ci se limite à une propagande et il couvre en outre une partie relativement faible des dépenses.

L'Etat pris dans le sens de partie de la fédération, a un rôle beaucoup plus direct, mais l'animateur principal sera toujours la ville ou le comté, et à l'intérieur de ces collectivités, ce qu'on appelle le « joint committee », dont mon collègue M. Aubry vous entretiendra tout à l'heure.

Seconde caractéristique : la scolarité, comparativement à ce que nous connaissons en France, est longue puisqu'elle peut être obligatoire jusqu'à dix-huit ans pour certains États.

Cette grande liberté laissée à chacun, amène donc des particularités dans l'enseignement lui-même : variété des organisations, des méthodes d'enseignement, puisqu'il y aura autant de méthodes, autant d'organisations qu'il y aura de villes et de comtés, la diversité des programmes d'étude des matières enseignées. Le choix est laissé aux collectivités locales et on trouve donc une grande variété de niveaux.

Du fait de la longueur de la scolarité, nous retrouvons un très grand nombre d'élèves à l'échelon élémentaire et secondaire. Tous les enfants normaux suivent les cours obligatoirement jusqu'à l'âge de seize ans dans trente-six États, dix-sept ans dans six et dix-huit ans dans six autres. L'enseignement élémentaire commence à six ans et le passage au secondaire a lieu à douze, treize ou quatorze ans, suivant l'âge limite cité plus haut.

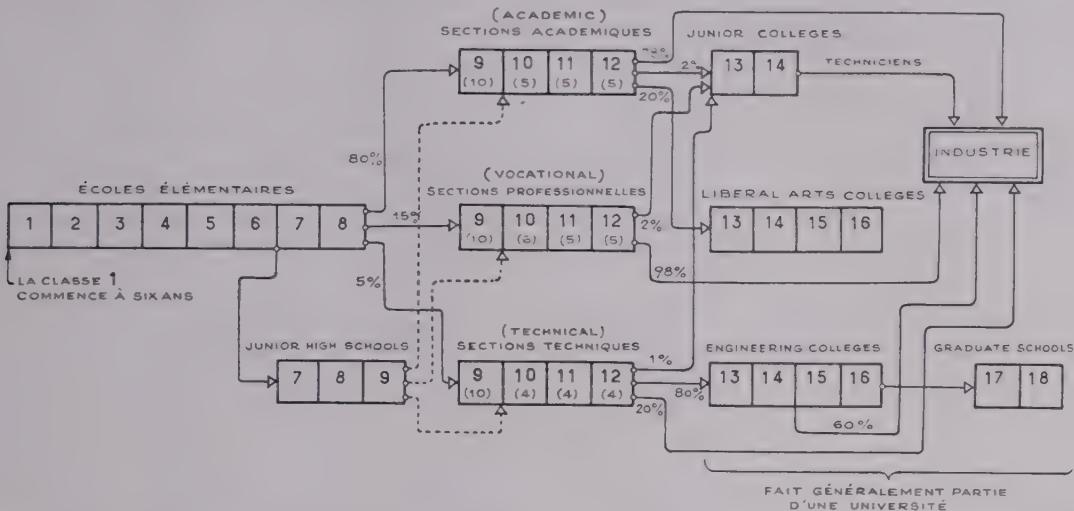
Les formules sont les suivantes : six années élémentaires plus six années secondaires, ou bien huit années élémentaires plus quatre années secondaires ou, nouvelle formule adoptée récemment, six années élémentaires plus trois années en

Junior high-school et trois années en Senior high-school, ce qui dans le cas d'une scolarité jusqu'à dix-huit ans, donne douze années d'enseignement.

Vous voyez que c'est beaucoup plus long que chez nous pour l'enseignement obligatoire. Les élèves, après ce temps, vont vers les collèges, les universités, à temps complet ou aux

cours du soir. Une statistique donne à peu près 82 % de tous les élèves jeunes gens allant au lycée. 90 % vont dans les écoles publiques et 10 % dans les écoles privées.

Pour que ceci soit plus clair, j'ai pris l'exemple d'organisation de l'état de New York ci-après reproduit.



Nous venons de voir les différents types d'établissements, le système et les pourcentages de passage de l'un à l'autre.

Vous voyez que l'orientation est assez libre dans tout cet ensemble. On peut être passé par « l'académique », puis aller « au Junior college », puis au « liberal art college ». On peut être passé au technical, puis ensuite à l'engineering ; on peut également retourner au « junior college ». C'est en fait une organisation très large et très démocratique, comme les Américains aiment à le répéter et à le prouver dans leurs organisations.

Enfin, il n'y a pas d'examens de passage d'un degré à l'autre comme c'est très souvent le cas en France ; c'est simplement suivant l'appréciation du professeur que l'élève passe d'un degré à un autre.

Quelles sont donc maintenant les **caractéristiques particulières de la formation professionnelle ?**

Je vous situais tout à l'heure les rôles des différents échelons et nous avons vu combien cette organisation était décentralisée. Le gouvernement fédéral en matière de formation professionnelle a purement et simplement un rôle de propagande. Pour reprendre l'expression d'un haut fonctionnaire du bureau de l'Education à Washington, « il vend des idées ». Il se contente de prendre un groupe, soit d'ouvriers, soit d'entrepreneurs, et de dire : « Vous ne pensez pas que si vous faisiez de la formation professionnelle vous vous en porteriez mieux ? Son rôle se limite là.

« Le joint committee » siègeant à l'échelon fédéral établit également les programmes-type.

L'Etat, lui, reçoit les fonds du gouvernement fédéral et les distribue dans les écoles suivant l'avis du conseil de l'éducation siégeant dans la capitale.

Le travail le plus important est accompli par les collectivités locales : établissement des programmes, recrutement du personnel, gestion des budgets, etc... ; et nous en arrivons au financement.

Subvention du gouvernement fédéral : environ un cinquième des dépenses totales sont couvertes par lui à condition que les « standards », les programmes-type soient respectés, que les programmes de collectivités s'en rapprochent le plus possible.

Dans le cas contraire un avertissement est donné sous forme d'une réduction de la subvention, et le cas échéant de sa suppression pure et simple. Ces fonds sont surtout réservés aux traitements des professeurs.

Le reste de la subvention est versé par l'Etat, les villes et les collectivités.

Une petite particularité en passant pour les cours professionnels : les élèves participent aux frais des études.

Mais, comme il a été dit plus haut, l'organisme actif, l'organisme moteur, c'est le « joint committee ».

Il y a actuellement aux Etats-Unis 1 300 000 apprentis en école et 700 000 suivant les cours du soir. Ces chiffres nous ont été donnés par le bureau de l'Education à Washington. Dans tous les cas — et ceci est important — la durée de l'apprentissage après la sortie de l'école, même technique, est encore de quatre ans.

Ceci provient peut-être du peu de cas que font les professionnels de l'enseignement à l'école. On peut sortir de la high-school et commencer l'apprentissage deux ans avant la fin, avec l'autorisation des parents, ou un an sans leur autorisation.

#### Il y a plusieurs formules d'apprentissage :

1<sup>o</sup> temps complet à l'école

a) **Les cours « d'art industriel ».** Ils sont organisés dans les écoles élémentaires et les lycées, c'est plutôt une orientation sans but déterminé.

b) Puis il y a une formation de quatre ans en vocational et technical, avec obtention de « crédits » ou pas.

Les crédits sont des bonifications de temps accordées par les « joints committee » ; sur la durée de l'apprentissage dans l'entreprise on obtient un an ou deux de « crédits », mais ce dernier cas est assez rare.

2<sup>o</sup> Ensuite nous trouvons l'enseignement à mi-temps : programme de coopération, autrement dit, l'enseignement pratique se fait dans l'industrie et la théorie à l'école. Il y a alternance, huit jours à l'industrie, huit jours à l'école, ou quinze jours et quinze jours.

Dans ce cas les crédits obtenus sont très importants.

### 3<sup>e</sup> Enfin les cours du soir.

a) Une forme curieuse mais intéressante est celle de l'**école vestibule**, long terme ou court terme. Je m'explique : à l'occasion d'un procédé de fabrication nouveau, de l'utilisation d'un matériau nouveau, on peut suivre pendant un certain temps des cours dans ces écoles.

Ces écoles vestibules peuvent donner un enseignement à partir de seize heures seulement, c'est-à-dire des cours de huit fois deux heures. Puis on s'en va, c'est terminé, on a acquis les connaissances que l'on désirait sur le matériau, sur le matériel en question. On reviendra peut-être ensuite suivre des cours tout à fait différents : radio-télévision, mécanique, etc...

b) Nous avons ensuite l'**école du soir et de perfectionnement**. Les apprentis à la sortie des écoles sont tenus d'assister pendant 144 heures par an à ces cours. En principe d'ailleurs tous les gens qui sont sortis d'apprentissage, et qui sont dans l'entreprise, retournent à ces écoles de perfectionnement.

Nous y avons vu beaucoup d'ouvriers.

**Le personnel enseignant** de ces établissements a un contrat qui est renouvelé chaque année, il n'est pas fonctionnaire. Il est composé de professionnels auxquels on a donné une « formation pédagogique rapide » ; ils sont très souvent « dirigeants » dans leur enseignement par des professeurs d'enseignement général.

Nous avons vu enfin, à Miami, la formation méthodique de ces professeurs, mais je crois que c'est l'exception.

Voici rapidement présentée la formation de ce que les Américains appellent « ouvrier qualifié ».

**Pour le technicien**, même formule : formation à temps complet ; après la high-school, les « junior colleges » ou les « universités ». La formation à mi-temps comprend toujours le programme de coopération, puis les cours de perfectionnement.

En principe, disent les entrepreneurs et les syndicats ouvriers, l'ouvrier travaillant dans l'entreprise peut devenir technicien en suivant ces cours de formation de cadres et maîtrise.

Certains « instituts » forment les futurs cadres. On retrouve aussi les cours de perfectionnement le soir.

**Comment est orienté le jeune garçon ?** A la sortie de l'école élémentaire l'orientation est basée d'abord sur les résultats obtenus dans cette école. Nous avons ensuite les résultats des tests d'aptitude et d'intelligence, l'examen médical, et surtout l'interview de l'élève, et ce dernier point est important. On interroge l'individu sur ses aspirations, ses goûts, et ce dernier élément est souvent déterminant. Cette orientation n'est pas obligatoire, mais il faut avoir passé l'examen pour entrer dans une école publique ; il devient de ce fait presque obligatoire.

Il existe dans chaque localité un bureau d'orientation professionnelle, et dans certains cas les établissements d'enseignement ont des orienteurs « attachés ».

En conséquence, au point de vue de la culture générale, nous avons une scolarité obligatoire et longue, le niveau d'instruction générale doit donc correspondre à la moyenne. Il n'est pas question d'établir une classification puisque, aussi bien, tous les enfants doivent aller à l'école.

Les élites se dégageront d'elles-mêmes ; on ne peut pas les former puisque, encore une fois, le niveau doit être moyen. C'est donc après l'université que les élites se dégageront ; ce sera le lot des courageux et des opiniâtres.

Les programmes ne semblent pas plus denses qu'en France malgré l'allongement de la scolarité, mais répartis sur une période plus longue.

On a, lorsqu'on visite une école, une impression d'aisance ; très souvent il nous est arrivé d'entrer dans une salle de classe et de voir les enfants accoudés, sans livres ni cahiers. On revient très souvent sur le même sujet.

La sanction de ce qui correspondrait à notre second degré est, je crois, inférieure à notre baccalauréat, ceci nous a été confirmé. Nous avons trouvé aux Etats-Unis des jeunes gens qui avaient passé leur baccalauréat français, qui se trouvaient dans les collèges, et ils nous disaient être très à l'aise pour suivre l'enseignement qui leur était donné.

Nous avons vu que la section Académique avait un grand succès mais que cela ne privait pas pour autant la profession de gens valables, puisqu'ils avaient toujours la possibilité de choisir ensuite la carrière de leur choix.

Du point de vue de la formation professionnelle on commence l'apprentissage à un âge où on apprend plus par raison que par mémoire, et ceci est important.

Nous avons vu également que, dans le cas de scolarité jusqu'à dix-huit ans, on devient ouvrier qualifié — encore une fois tel que les Américains l'entendent — à vingt-deux ans. Mais je crois qu'on peut le concevoir là-bas car les apprentis perçoivent des salaires suffisants pour les faire vivre eux et leur famille. Un exemple : nous avons visité une section de charpentiers où ceux-ci étaient neuf, et nous leur avons posé un certain nombre de questions. Sur neuf, huit avaient une voiture. Je vous indique ceci en passant car c'est assez significatif.

On peut également changer de métier sans pour cela gêner l'individu et sa famille. S'il y a du chômage dans une profession déterminée, vous allez vous inscrire dans une autre, toujours apprenti, bien entendu, mais vous avez un salaire qui vous permet de vivre.

Cette formation de l'ouvrier qualifié, dans les écoles, est très élémentaire ; c'est surtout une orientation, une initiation, presque du bricolage.

Quel rapprochement peut-on faire de cette observation avec le peu de cas que font les professionnels de l'apprentissage en école ? Je crois que c'est un cercle vicieux, l'enseignement technique est élémentaire dans les écoles parce qu'il a fallu parer au plus pressé et occuper les jeunes jusqu'à dix-huit ans, et le peu de cas que font les professionnels de cet enseignement provient de ce que la formation n'est pas profonde, et inversement.

Les cours du soir sont surtout théoriques. Pour le bâtiment, très peu de cours pratiques. Nous avons vu qu'ils étaient de 104 heures par an. Par contre, sur un chantier de Brooklyn, cette scolarité a baissé à peu près de la moitié, il est possible que la formation ainsi donnée sur le chantier soit sérieuse, mais pour être franc, nous n'avons vu que peu d'apprentis sur ces chantiers ; ceux que nous avons vus étaient des « vétérans », c'est-à-dire des anciens combattants de la guerre de 1939/1945 ou de la guerre de Corée.

Dans ces cours théoriques nous avons constaté une grande disparité des âges, ce qui réduit considérablement l'efficacité. Ceci provient du grand échelonnement de l'apprentissage et du perfectionnement.

A mon sens la durée de cet apprentissage est vraiment excessive ; la structure même de l'entreprise peut expliquer la faible part laissée à l'imprévu et à l'initiative. Le représentant de la Fédération nationale des builders disait que l'ouvrier et le contremaître ne doivent pas penser sur le chantier ; évidemment cela simplifie les choses.

Le technicien est aussi très spécialisé mais on lui demande un effort beaucoup plus important, et ceci s'explique aussi, puisque, on nous l'a dit tout à l'heure, le travail est minutieusement préparé et réclame donc des techniciens très spécialisés.

lisés pour cette préparation. Il lui faut par conséquent des connaissances profondes dans le domaine technologique « savoir comment on fait le travail sans évidemment avoir à l'exécuter ».

Dans le collège où il y a des études de deux ans pour les techniciens, le programme est basé sur les sciences appliquées, rejetant toute spéculation mathématique, s'appuyant plutôt sur des méthodes déductives.

Par des cours du soir l'ouvrier qualifié peut arriver, s'il le désire, à devenir technicien. Les conditions de qualification pour le technicien sont identiques à celles exigées de l'ouvrier qualifié. Exemple, un dessinateur d'architecte passe deux ans au collège, devient dessinateur junior puis senior; s'il suit encore les cours pendant cinq ans, il peut devenir architecte.

Si la formation du technicien semble avoir été particulièrement poussée, du moins dans certains Etats, nous ne sommes pas en mesure d'avancer des cas identiques pour celle du contremaître ou du chef de chantier.

Bien plus, un représentant syndical ouvrier, à Winworth Institute nous a profondément troublé. En effet, alors que le représentant patronal souhaitait la formation de ces agents, devant les besoins particulièrement urgents de son industrie, le représentant syndical ouvrier a été impératif et d'avis différent. D'après lui, ce qui importe c'est la formation de la main-d'œuvre; le cadre se formera lui-même au contact des difficultés journalières. Il ne semble pas que la doctrine ait été arrêtée sur ce point : le cadre doit-il avoir des connaissances techniques supérieures à celles de l'ouvrier qualifié? ses qualités de chef doivent-elles être développées rationnellement par une formation appropriée?

Il semble que cette difficulté ait été franchie dans le domaine des industries mécaniques par exemple. Une entente existerait entre les syndicats ouvriers et le patronat des industries métallurgiques du Texas; ceci est le résultat d'une liaison étroite entre les entrepreneurs, les syndicats ouvriers et l'Etat.

En ce qui concerne la formation de la main-d'œuvre qualifiée, nous n'avons rien à envier aux Etats-Unis. Il ne m'apparaît pas que la formation professionnelle de l'ouvrier spécialisé auquel on apprend à faire vite, à peu près bien, quelques gestes simples, corresponde à la notion depuis longtemps acceptée en France de l'ouvrier qualifié.

Je ne pense pas qu'actuellement cette méthode de formation constitue un progrès sur la méthode française.

Par contre, le perfectionnement est beaucoup plus en honneur aux Etats-Unis, et les classes vestibules seraient à mon avis, à retenir.

Les techniciens sont formés d'une manière plus directe qu'en France et sont par conséquent plus rapidement « utilisables ».

Enfin, pour la maîtrise, nous avons vu que pour la métallurgie, la formation était entrée dans une forme active et croyons que la question est abordée actuellement pour le bâtiment, mais nous ne pouvons pas vous donner le fruit de nos constatations, car nous n'avons rien vu dans ce domaine.

Dans tous les cas, je pense que nous avons de bonnes raisons d'espérer pour la formation professionnelle en France. Notre pays possède une organisation solidement établie et une série de formules qui lui sont propres donnant de très bons résultats, dont les fruits les plus récents proviennent de la collaboration étroite et confiante entre la profession et les Pouvoirs publics. Je pense au groupe technique de Vincennes par exemple que vous suivez de très près dans votre profession et dont nous n'avons pas trouvé l'équivalent aux Etats-Unis.

L'expérience a prouvé, ici comme aux Etats-Unis, que les solutions plus ou moins originales, ont la valeur que les différentes personnes qui s'y dévouent veulent bien leur donner; les bonnes volontés, chez nous, ne manquent pas : à nous de faire converger leurs efforts.

## *Ce qu'ils ont vu en Amérique*

### L'APPRENTISSAGE

par **M. AUBRY,**

Membre du Conseil d'Administration de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture et Plomberie de Paris et de la Seine.

Qu'est-ce qu'un « joint committee »? C'est un comité paritaire comprenant trois patrons et trois représentants des Unions, réunis pour s'occuper d'apprentissage; il est présidé par un membre de l'administration.

J'en ai dit trois patrons, car les patrons aux Etats-Unis sont rarement organisés et ne disposent pas de fonctionnaires syndicaux pour suivre les affaires dont ils sont chargés. Les ouvriers, au contraire, sont fortement organisés et presque toujours représentés par ce que nous appelons des permanents syndicaux.

Il y a des « joints committees » à tous les niveaux, à l'échelon fédéral, à l'échelon de l'Etat, à l'échelon local, et ceci dans chaque métier. A Washington nous trouvons des joints committees fédéraux, les uns interprofessionnels s'occupant des problèmes généraux d'apprentissage, les autres professionnels, s'occupant de l'apprentissage relatif à une profession.

Quelles sont leurs attributions? En ce qui concerne l'apprentissage ils représentent les professions auprès des ministères qui ont à s'en occuper. Ils élaborent, à l'usage des patrons et ouvriers de tous les U.S.A., les règlements, programmes et normes d'apprentissage; en un mot ils ont, avec infiniment plus de données, les attributions que devraient avoir en France les commissions nationales consultatives des diverses professions auprès de l'Enseignement technique.

Les « joints committees » sont toujours présidés par un représentant de l'administration, mais ce représentant est uniquement chargé de présider les débats, d'être l'animateur, mais ne prend en aucune façon part aux décisions; ou, pour mieux m'exprimer, il n'a pas le droit de vote.

Je passe maintenant des « joints committees » fédéraux aux « joints committees » des Etats. Dans les Etats de Pensylvanie, du Massachusetts et de New York, nous trouvons des « joints committees » interprofessionnels, et ailleurs des « joints committees » s'occupant d'une seule profession.

Leurs attributions sont d'appliquer les règlements fédéraux à leur Etat, chacun ayant une quantité de lois particulières valables pour lui seul, et la plus grande diversité à travers la Fédération étant de règle, en particulier pour l'apprentissage. Suivant les Etats, la scolarité va jusqu'à seize ans, dix-sept ans ou dix-huit ans.

Les jeunes gens peuvent être apprentis un an avant la fin de la scolarité avec l'autorisation de leurs parents, ou après la fin de la scolarité, sans la moindre autorisation.

Mais la partie que j'estime la plus intéressante concerne le rôle des joints committees de chaque métier, dans chaque agglomération puisque ces joints committees sont au niveau des apprentis et des entreprises et s'occupent directement de l'apprentissage.

Ces « joints committees » sont toujours composés de trois patrons de la profession et trois permanents syndicaux ouvriers. Leurs attributions sont très nettes, tout ce qui touche à l'apprentissage du métier considéré est de leur ressort.

C'est auprès de ces « joints committees » que viennent s'inscrire les jeunes gens et jeunes filles désireux de devenir apprentis. C'est auprès de ces mêmes organismes que les patrons qui veulent admettre des apprentis dans leur entreprise viennent offrir des places. Ce sont ces « joints committees » qui détermineront si la demande de l'entreprise est justifiée et qui n'affecteront que le nombre nécessaire d'apprentis par rapport au nombre d'ouvriers employés dans l'entreprise. Je crois que le rapport est de un apprenti pour dix ouvriers.

Ce sont aussi les « joints committees » qui font conclure les contrats d'apprentissage entre le maître d'apprentissage et son apprenti, assisté de ses représentants locaux.

Ce sont eux enfin qui contrôlent l'apprentissage dans l'entreprise, l'assiduité des apprentis, l'enseignement dans les cours complémentaires, lesquels ont lieu, généralement, un jour par semaine.

Pour ces contrôles le « joint committee » et son secrétaire qui en est l'émanation, disposent de sanctions efficaces. Avant d'en parler je tiens à vous préciser que le secrétaire des « joints committees » est en général un permanent syndical ouvrier, toujours bien accueilli, aussi bien sur les chantiers que dans les cours professionnels.

Ses fonctions sont les suivantes : sur les chantiers il vérifie si le patron ne confie pas toujours le même travail à l'apprenti car une progression est établie et doit être strictement appliquée. Si par exemple un plombier avait un apprenti qui, au bout de deux ans d'apprentissage n'aurait travaillé que les tuyaux en fer sans recevoir une autre formation, celui-ci lui seraient retiré et remplacé.

Dans une pareille éventualité le « joint committee » peut en effet décider de faire passer cet apprenti dans une autre entreprise de la localité, où des travaux plus divers lui seront offerts, quitte à faire venir dans la première entreprise des apprentis qui n'ont pas eu l'occasion de travailler sur des tubes de fer.

En ce qui concerne les cours professionnels il vérifie l'assiduité des apprentis, leur bonne tenue, leur collaboration, leur effort dans le travail, leurs notes d'enseignement général et de leçons pratiques. C'est en fait l'ensemble de ces tests qui détermine les notes des élèves.

Au vu de ces vérifications, l'apprenti peut être maintenu un semestre en plus à son échelon de salaire et voir son apprentissage prolongé d'autant. Or, on ne devient ouvrier qualifié qu'au terme de l'apprentissage, et c'est encore le joint committee qui donne cette qualification. On ne peut pas l'obtenir par d'autres voies, de même que l'on ne peut pas, par d'autres voies, devenir membre d'un syndicat ouvrier qualifié; et les salaires, toute une vie d'ouvrier durant, pourront s'en ressentir.

Sur les chantiers les apprentis doivent se livrer à des travaux rentables, mais de leur métier.

Le climat social et le climat de travail qui règnent aux Etats-Unis, grâce à de telles organisations, sont très bons. Patrons et représentants ouvriers font preuve d'une confiance mutuelle, il n'y a pas de lutte de classes ; les hauts salaires des ouvriers, surtout des ouvriers du bâtiment, sont largement défendus par les Unions, mais avec un souci de mesure et des notions certaines de ce qui est économiquement possible.

Les Unions syndicales s'assurent avec la même fermeté que l'ouvrier remplit ses devoirs, que son travail et son rendement sont en rapport avec sa qualification.

Il y a quelquefois des grèves mais il y a ensuite accord, accord qui est respecté, et engagement de la responsabilité pénale de l'Union syndicale. Après la grève on recommence à collaborer, patrons et ouvriers ne sont pas ennemis.

Il nous a été signalé que depuis 1920 une seule grève a eu lieu, elle a été résolue en 48 heures.

Mais, me direz-vous, l'administration que fait-elle, quel est son rôle ? Je vous répondrai qu'elle a donné l'impulsion sitôt que le besoin s'en est fait sentir, à l'apprentissage. C'est elle qui a établi ces règlements et créé ces « joints committees », qui en surveille l'application et surveille les cours professionnels qu'elle subventionne à condition qu'ils soient conformes aux programmes et aux normes édictées à l'échelon fédéral.

Si, dans un Etat ou une ville, le programme ou les normes sont mal suivis, les représentants fédéraux préviennent que si cela continue l'Etat fédéral diminuera ou supprimera sa subvention, mais cela seulement pour l'année suivante.

En ce qui concerne la formation professionnelle, après le brillant exposé de M. Bruyère, je n'en parlerai pas, mais j'insisterai simplement sur une formation qui, je crois, serait très utile à nos corporations, la formation des contremaîtres.

En effet, un contremaître est destiné, à notre avis, à faire en quelque sorte la liaison entre les cadres supérieurs, directeur, patron, etc... et les ouvriers. Il est donc utile, et je crois nécessaire, de lui donner une formation spéciale. Il a besoin, en dehors d'une connaissance technique parfaite, d'apprendre à diriger les hommes, à faire des plans, d'où cette nécessité de lui donner cette formation spéciale.

Le contremaître doit être un spécialiste, ce qu'on appelle aux Etats-Unis, l'ingénieur humain. Il doit savoir commander, et actuellement on lui demande davantage de connaissances humaines que de connaissances techniques supérieures. Le travail principal du contremaître est de diriger les hommes, de les faire travailler et d'obtenir, soit individuellement, soit en équipe, un certain rendement. Il doit avoir une connaissance complète de ce qu'on attend de lui, il doit gagner le respect et la confiance de ceux qu'il commande.

Pour conclure peut-être me sera-t-il permis de retenir, pour une adaptation possible en France, l'alternance des périodes d'enseignement pratique et d'enseignement général; l'organisation très poussée des cours du soir pour permettre aux ouvriers qualifiés d'augmenter leurs connaissances techniques; les stages organisés dans les classes vestibules pour les professionnels qualifiés, afin qu'ils puissent se mettre au courant des techniques nouvelles; et surtout l'organisation des cours de formation de contremaîtres et de conducteurs de chantier.

Nous devons en effet former de meilleurs cadres pour améliorer la qualité de réalisation de nos professions. Nous devons ouvrir des cours de perfectionnement et de formation nouvelle, et nous y intéresser de tout notre cœur et de toutes nos forces, en y consacrant une part de notre activité et même, au besoin, de nos loisirs et de nos bénéfices.

**M. le Président.** — Il me reste à remercier les conférenciers qui se sont succédés. La plus grande publicité sera donnée à leurs travaux; peut-être même seront-ils un peu étendus dans les textes, ce qui sera à l'avantage de tout le monde.

(Reproduction interdite.)

**Précautions à prendre  
pour la mise en œuvre du zinc.**

M. BROCARD a exposé « les précautions à prendre pour la mise en œuvre du zinc ». Après avoir décrit le mécanisme de la corrosion du zinc par le plâtre, phénomène dont parmi les impuretés du zinc, le plomb et le cuivre sont les principaux agents, il rend compte des essais réalisés pour lesquels des isolants de différente nature ont été interposés entre des feuilles de zinc et des cubes de plâtre maintenus humides. Cette expérience a permis de constater l'importance de l'humidité du plâtre, l'influence de l'imperméabilité de l'isolant et celle d'un support en béton armé.

**Precautions to be taken  
in the application of zinc.**

Mr BROCARD has exposed the precautions to be taken in the applications of zinc. He deals with the mechanism of the phenomena of the corrosive action of plaster on zinc, the principal impurities of that metal being attributable to lead and copper.

He gives an account of tests carried out in which insulating materials of different nature were interposed between leaves of zinc and cubes of moist plaster. The tests show the effect of the humidity of the plaster, the influence of the impermeability of the insulating material and of the reinforced concrete support.

**Les matières plastiques dans la plomberie.**

M. GUILLAUD a traité des « matières plastiques dans la plomberie », de la polycondensation du phénol et de l'aldehyde formique en une résine thermodurcissable, du chlorure de polyvinyle et des polyéthylenes, résines thermoplastiques obtenues par polymérisation. Il souligne l'inertie chimique du chlorure de polyvinyle, et des polythénènes, l'intérêt de l'emploi du premier en tuyaux blancs pour le transport de l'eau afin d'éviter l'élosion d'algues, et de l'incorporation de carbon-black dans les seconds pour accroître leur stabilité aux rayons ultra-violets; il recommande de ne pas les utiliser en service continu à des températures supérieures à 65°, passe en revue leurs diverses applications ainsi que celles des polyesters de l'acide acrylique et souhaite l'établissement d'un label de qualité.

**Plastics in plumbing.**

Mr GUILLAUD, dealt with plastics in plumbing, the polycondensation of phenol and formic aldehyde to a thermo-setting resin; polyvinylchloride and the polyethylenes; thermo-plastic resins obtained by polymerisation. He underlines the chemical inertia of polyvinyl chloride and of the polythénènes. For the former he recommends white tubes for water carrying to avoid formation of algae. For the latter he recommends the incorporation of carbon-black to increase their stability under ultra-violet rays. He further recommends that they should not be used in a continuous service at temperatures above 149°F. He then gives a review of their various applications and of those of the polyesters of acrylic acid; he expresses the hope that a label of quality be established.

**Ce qu'ils ont vu en Amérique.  
Formation professionnelle et préfabrication.**

M. DELACOMMUNE fait une relation de son voyage aux Etats-Unis placé sous le signe de la productivité et de la préfabrication. Il fait part de ses observations personnelles dans ce pays sur la profession du bâtiment qui se caractérise par un marché très vaste, en perpétuelle amélioration, des études poussées dans le détail, des matériaux d'excellente qualité, un climat social plus détendu qu'en France.

M. CHARLENT fait projeter quelques photos sélectionnées qui donnent une vue d'ensemble de la construction aux Etats-Unis. Le bâtiment collectif comme le bungalow individuel qui rallie la majorité des suffrages, comportent toutes les installations procurant le confort. Les documents photographiques révèlent les méthodes de travail utilisées.

M. BRUYÈRE expose les caractéristiques de l'enseignement aux Etats-Unis : programmes non unifiés, orientation libre, scolarité plus large qu'en France. Les établissements d'enseignement comprennent les écoles élémentaires, les high-schools, les collèges, les graduate schools. L'apprentissage dure quatre ans. Pour passer ouvrier qualifié il faut suivre les écoles du soir. On peut devenir technicien en suivant des cours du soir. Des classes vestibules initient aux matériaux et procédés nouveaux. Dans chaque localité existe un bureau d'orientation professionnelle.

M. AUBRY traite de la formation professionnelle. L'apprentissage se fait sous la tutelle des Joint Committees fédéraux, des Joint Committees des Etats et des Joint Committees locaux. Des cours spéciaux assurent la formation des contre-maîtres et des conducteurs de chantiers. Les syndicats ouvriers s'assurent que le travail et le rendement de l'ouvrier sont en rapport avec sa qualification.

**Seen in America.  
Professionnal training and prefabrication.**

Mr DELACOMMUNE relates his views on a voyage to the U. S. A. on a productivity and prefabrication tour. He gives his personal observations on the building profession of the country, the vastness of the market, its continual improvement, the highly detailed research, the high quality of materials and the social climate which he finds less tense than in France.

Mr CHARLENT projects several selected photographs which give a general impression of the construction in the U. S. A. The apartment block and the individual bungalow (most preferred) are all fitted with the most modern comfort devices. The photographs also reveal the working methods used.

Mr BRUYÈRE describes the characteristics of teaching in the U. S. A. : programmes not rigidly fixed, freedom of orientation, studies broader than in France. There are elementary schools, high schools, colleges and graduate schools. Apprenticeships are for four years. To become a skilled and qualified worker it is necessary to attend evening classes. It is possible to become a technician through the evening classes. Supplementary classes give introductory information on materials and new processes. In each locality there is an office for professional orientation.

Mr AUBRY deals with professional training. Apprenticeship is organized under Federal Joint Committees, State Joint Committees and local Joint Committees. Special courses are organized for the training of foremen and building supervisors. The trade unions satisfy themselves that the work and output of the worker are consistent with his qualifications.

*Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.*

Neuvième Année

N° 97

JANVIER 1956

# DOCUMENTATION TECHNIQUE

91

RÉUNIE EN OCTOBRE 1955

## SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

## Prix des reproductions photographiques

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus).....	140 F
Positifs sur papier : la page (port en sus) :	
Format 9 × 12.....	70 F
Format 13 × 18.....	90 F
Format 18 × 24.....	110 F
21 × 27.....	150 F
Minimum de perception .....	250 F

Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, 6, rue Paul-Valéry, Paris-XVI<sup>e</sup>.

## I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

## B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

1-91. Revue de quelques tendances actuelles dans la conception des ouvrages. I, II, III, IV (fin) (A review of some current trends in structural design). HOLLOWAY (R. T.); *Civ. Engng.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 50, n° 589, p. 753-755, 3 fig., 7 réf. bibl., (août 1955), n° 590, p. 884-

886, 6 fig., 12 réf. bibl.; (sep. 1955), n° 591, p. 997-999, 3 fig., 3 réf. bibl.; (oct. 1955), n° 592, p. 1126-1128, 3 fig., 16 réf. bibl. — Développement de la notion de « contrainte admissible ». Evolution de la conception en béton armé. Extension de la théorie plastique

en constructions métalliques. La méthode de construction semi-rigide. — Exposé des divers procédés de calcul. Théories sur la résistance maximum des structures en béton armé. Couvertures en voiles minces. — E. 37391, 37873, 38305, 38676. CDU 624.043.

## C. — SCIENCES DE L'INGÉNIER

## Ca RÉSISTANCE DES MATERIAUX

2-91. Comptes rendus d'une conférence sur les voiles minces en béton (Proceedings of a conference on thin concrete shells). Massachusetts Inst. Technol. Cambridge, U.S.A. 134 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Conférence tenue au Massachusetts Institute of Technology du 21 au 23 juin 1954. — Mémoires

présentés : Architecture : historique des voiles minces en béton. Les voiles minces comme enceintes. — Analyse de la construction et conception : conception des voiles minces cylindriques en béton. Méthodes d'étude simplifiée et de précontrainte des couvertures en voiles minces à voûtes courtes. Dômes en voiles minces. — Construction : revue des voiles minces. Construction de voiles minces préfa-

briqués. Le gunite dans la construction des voiles. Construction de l'auditorium du Massachusetts Institute of Technology. — E. 37063. CDU 624.073.4.

3-91. Armatures de voiles minces non parallèles aux contraintes principales (Shell reinforcement not parallel to principal stresses). ROSENBLUETH (E.); J.A.C.I., U.S.A. (sep.

Conformément aux recommandations faites par le *Conseil International de Documentation du Bâtiment (C.I.D.B.)*, les analyses présentées dans la **Documentation Technique** comportent leur indexation suivant les notations de la Classification Décimale Universelle (CDU). Les analyses sont publiées dans la **Documentation Technique** dans l'ordre des rubriques de la classification, du système CORDONNIER, mise au point il y a quelques années pour le rangement du fichier de documentation de l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*.

1955), vol. 27, n° 1, p. 61-71, 9 fig. — Exposé d'une nouvelle méthode de calcul des voiles minces en béton armé. — E. 38575.

CDU 624.012.454 : 624.074.4.

4-91. Tuyaux en béton (normalement non soumis à pression interne) (Betonbuizen-normaal niet aan een inwendige druk onderworpen). *Inst. belge Normalisat.*, Belg. (1<sup>er</sup> sep. 1955), projet de norme belge NBN 376, 18 p. en français, 18 p. en flamand, 4 fig. — Objet et domaine d'application. Formes, dimensions et tolérances des tuyaux en béton armé et en béton non armé. Sonorité, absorption d'eau, résistance à l'écrasement. Échantillonage, contrôle des tuyaux, essais de réception. Code de bonne pratique pour la mise en œuvre des tuyaux en béton. — E. 38659. CDU 666.977.

5-91. Application de matrices au calcul de couvertures en voiles minces cylindriques de grande hauteur. I. II. III. (fin). (The application of matrices to the design of long cylindrical shell roofs). GIBSON (J. E.); *Civ. Engng.*, G.-B. (août 1955), vol. 50, n° 590, p. 863-865, 3 réf. bibl.; (sep. 1955, n° 591, p. 992-994, 3 fig.); (oct. 1955, n° 592, p. 1121-1123, 4 fig. — E. 37873, 38305, 38676 CDU 69.024.4.

6-91. Sur l'estimation de la rigidité à la torsion (On the estimation of torsional rigidity). BARTA (J.); *Koninkl. Nederl. Akad. Wetenschappen*, Pays-Bas, p. 80-89, 7 fig., 4 réf. bibl. — (Tiré à part de : *Proceedings*, 1 55, Ser. B, vol. 58, n° 1). — Formules donnant les limites inférieures et supérieures de la valeur numérique de la rigidité à la torsion de barres prismatiques élastiques. Exemples d'application. — E. 36592. CDU 518.5.

7-91. Sur l'estimation de la rigidité de torsion des prismes multicellulaires à parois minces. BARTA (J.); *Acta Tech.*, Hongrie (1955), t. 12, n° 3-4, p. 333-338, 2 fig., 2 réf. bibl., (en français). — E. 38490. CDU 624.044.

8-91. Calcul approché de la flèche d'une dalle rectangulaire appuyée aux quatre coins (An energy approximation to the solution of a corner-supported rectangular slab). MORICE (P. B.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 83-86, 6 fig. — Emploi du procédé de calcul Rayleigh-Ritz. — E. 38681. CDU 224.044.

9-91. Calcul pratique des pièces soumises à la flexion composée (Practische berekening van Stukken belast op dubbele Buiging). MORELMANS (F.); *Tech. Wetenschapp.* T., Belg. (août 1955), n° 8, p. 197-203, 20 fig., (résumés français, anglais, allemand). — E. 37893. CDU 624.043.

10-91. Détermination de la position de l'axe neutre de la section rectangulaire en cas de flexion oblique et d'effort longitudinal. I. II. (Zur Ermittlung der Nulllinienlage des Rechteckquerschnitts bei Doppelbiegung und Längskraft). GÖRNER (G.); *Bauplan.-Bautech.*, All. (sep. 1955), n° 9, p. 402-405, 8 fig., 2 réf. bibl. (oct. 1955), n° 10, p. 447-450, 6 fig. — Application aux sections des éléments en béton ordinaire et en béton armé. — E. 38182, 38704. CDU 624.041.6 : 513.18.

11-91. Effets du vent sur les ponts et sur les autres ouvrages non rigides (Wind effects on bridges and other flexible structures). *Nation. Physic. Laborat. (Dept. Sci. Industr. Res.)* G.-B. (1955), Notes appl. Sci., n° 11, iv + 14 p., 8 fig., 7 fig. h.-t., 8 réf. bibl. — Etude du comportement des ponts suspendus sous l'action du vent. Mesure des efforts statiques dus au vent, caractéristiques de l'instabilité aérodynamique. Oscillations dues aux remous d'air provoqués par la présence d'un autre pont situé à une faible distance. Etude des oscillations dues au vent dans des constructions telles que pylônes de lignes haute tension, cheminées industrielles de grande hauteur. — E. 37028. CDU 624.5 : 699.83.

12-91. Calcul approché des moments dans les poutres continues de ponts (Proracun momenata kontinualnih mostovskih nosaca). ILIC (C.); *Nase Građevinarstvo*, Yougosl. (août 1955), n° 8, p. 1045-1051, (NC 161-NG 167), 16 fig. — E. 38719. CDU 624.023.

13-91. Exposé d'une théorie de la répartition des charges dans les dalles de ponts, établie en tenant compte de l'influence du coefficient de Poisson (A load distribution theory for bridge slabs allowing for the effect of Poisson's ratio). ROWE (R. E.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 69-78, 10 fig., 7 réf. bibl. — E. 38681. CDU 624.042.

14-91. Sur l'enca斯特rement de dalles de tablier en béton armé dans des poutres de bordure rigides à la torsion (Über die Einspannung von Stahlbetonfahrbahnplatten in drillsteife Randträger). LINDNER (H.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1955), n° 10, p. 264-267, 11 fig., 6 réf. bibl. — E. 38605. CDU 624.21.095 : 624.012.4 : 624.023.73.12.

15-91. Problèmes de la théorie de la plasticité (Probleme der Plastizitätstheorie). PRAGER (W.); Edit. : Birkhäuser AG., Suisse (1955), 1 vol. : 100 p., 52 fig., réf. bibl., (résumé anglais). — Voir analyse détaillée B. 1647 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37815. CDU 539.3.

16-91. Vue d'ensemble sur la théorie de la plasticité et son évolution récente (Ueberblick über die Plastizitätstheorie und ihre neuere Entwicklung). CHMELKA (F.); *Oesterr. Bauz.*, Autr. (août-sept. 1955), n° 8-9, p. 145-160, 13 fig., 18 réf. bibl. — E. 38032. CDU 624.044.

17-91. Etude du flambement à la lumière de la méthode des points élastiques (Die Knickung im Lichte der Methode der elastischen Punkte). SCHWERTNER (A.); *Acta Tech.*, Hongrie (1955), t. 12, n° 3-4, p. 245-273, 11 fig., (résumé russe, anglais, français). — E. 38490. CDU 624.044.

18-91. Le flambement de barres droites en cas d'utilisation de la méthode des points élastiques (Die Knickung geradachsiger Stäbe bei Behandlung mit der Methode der elastischen Punkte). CSONKA (P.); *Acta Tech.*, Hongrie (1955), t. 12, n° 3-4, p. 275-287, 4 fig., 9 réf. bibl., (résumé russe, anglais, français). — E. 38490. CDU 624.044.

19-91. Le coefficient de Poisson du béton : comparaison des mesures dynamiques et statiques (Poisson's ratio of concrete : a comparison of dynamic and static measurements). SIMMONS (J. C.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 61-68, 10 fig., 8 réf. bibl. — Compte rendu d'essais effectués sur une série de spécimens de béton pour déterminer les valeurs du coefficient de Poisson. — E. 38681. CDU 620.11.

#### Cac n      Procédé de calcul.

20-91. Calcul numérique des plaques et des parois minces. DUBAS (P.); Edit. : Leemann AG, Suisse (1955), Publ. Inst. Statique Appl. n° 27, 1 vol., 175 p., nombr. fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1637 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 38157. CDU 624.044.

#### Caf      Essais et mesures.

21-91. Les essais non destructifs du béton. II. La résistance à la compression du béton. Sa mesure par le scléromètre Schmidt. CHEFDÉVILLE (J.); *Ann. I.T.B.T.P.*, Fr. (nov. 1955), n° 95 (Essais et mesures : 34), p. 1137-1180, 51 fig. — Cette étude est la deuxième d'une série consacrée aux essais non destructifs.

Examen des résultats obtenus en laboratoire pour mesurer la résistance des bétons à partir de mesures effectuées à l'aide du scléromètre Schmidt. Comme la précédente étude, elle a été faite sur une gamme assez vaste de bétons de qualité très différente, et sur les cinq catégories principales de ciments employés en France. Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par d'autres expérimentateurs, et en particulier avec ceux des essais d'étalonnage que le constructeur a exécutés sur des bétons fabriqués en employant des matières premières suisses. Les résistances à la compression calculées à partir de l'indice sclérométrique, sont comparées avec celles obtenues par l'auscultation dynamique. En mesurant le rayon d'action de cet appareil, on a cherché à fixer les limites de son emploi qui reste plus limité que la méthode d'auscultation. — E. 39027. CDU 620.17 : 666.972.

22-91. Un dispositif enregistreur des vibrations réduit les risques dans les travaux d'abattage à la mine (Vibration recorder help contractor plan safer blasting). *Roads Streets*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 98, n° 9, p. 37-40, 7 fig. — Description de l'appareil « Accelerograph » permettant l'enregistrement des vibrations du sol à la suite de travaux d'abattage à la mine. Emploi sur les chantiers routiers aux U. S. A. — E. 38498. CDU 625.7.

23-91. Commentaires au sujet d'un essai de traction indirecte sur des cylindres en béton (Comments on an indirect tensile test on concrete cylinders). WRIGHT (P. J. F.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 87-96, 15 fig., 4 réf. bibl. — Description d'une méthode d'essai mise au point par Fernando Carneiro au Brésil. — E. 38681. CDU 620.11.

24-91. Essais de choc sur des poutres en béton armé (Impulse testing of concrete beams). MAVIS (F. T.); RICHARDS (F. A.); *J.A.C.I.*, U. S. A. (sept. 1955), vol. 27, n° 1, p. 93-102, 11 fig. — Organisation des essais, résultats, influence de la qualité de l'acier des armatures. — E. 38575. CDU 620.16 : 624.012.454.

25-91. La radioactivité au service des entreprises. LEVY (J.-P.); *Bâti*, Fr. (oct. 1955), n° 52, p. 11-13, 4 fig. — Description de divers appareils récents de construction française utilisables dans les domaines du bâtiment et des travaux publics. Contrôle du béton. Mesures rapides de la densité des sols, et de leur teneur en eau. — E. 38668. CDU 620.11.

26-91. Étude de l'uniformité des résultats des essais de résistance du béton à la flexion (Study of uniformity of concrete flexural strength test results). *Corps Engrs. U. S. Army*, (Rigid. Parement Investig.), U. S. A. (oct. 1954), 1 + 13 p., 5 fig. — Description des essais de poutres en béton. Caractéristiques des agrégats, du ciment, des produits entraîneurs d'air. Dosages. Résultats. Discussion. Recommandations sur les précautions à adopter pour réduire au minimum les variations des résultats. — E. 37173. CDU 666.972.

#### Ci      GÉOPHYSIQUE

#### Cib m      Etude des sols.

27-91. Comptes rendus de la Première conférence Australie-Nouvelle Zélande sur la mécanique des sols et la technique des fondations tenue à l'Université de Melbourne (Proceedings of the First Australia-New Zealand conference on soil mechanics and foundation engineering held at the University of Melbourne). Engineering Library, Univers. Melbourne, Austral. (juin 1952), 1 vol., xii + 248 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., 1 pl. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 1646 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37690. CDU 624.131.

28-91. La mécanique des sols (Soil mechanics) KEZDI (A.); *Appl. Mechan. Rev.*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 8, no 9, p. 357-363, 119 réf. bibl. — Aperçu général sur les divers problèmes. — E. 38045. CDU 624.131.

29-91. La mécanique des sols et le calcul des fondations. I. Force portante et tassement. II. (fin) : Etude de la répartition des pressions au niveau de la fondation (Soil mechanics aspects of the design of foundations. I. Bearing capacities and settlement. II : Distribution of pressure at foundations level). HENRY (F. D. C.); *Engineering* G.-B. (23 sep. 1955), vol. 180, no 4678, p. 413-416, 2 fig.; (30 sep. 1955), no 4679, p. 454-457, 2 fig., 20 réf. bibl. — E. 38330, 38338. CDU 624.131.

30-91. Les caractéristiques mécaniques des sols et des solides. COÜARD (A.); *Engng J. Canada* (sep. 1955), vol. 38, no 9, p. 1207-1210, 1 fig., 3 réf. bibl. — Exposé de quelques théories relatives à la résistance des sols et des solides à la compression et au cisaillement. Application de ces théories à des éléments de construction soumis à la torsion et à des contraintes triaxiales et étude particulière du cas des poutres en béton armé. — E. 38606 CDU 624.131.

31-91. Nouvelles remarques sur le calcul de la stabilité des talus en terre. LAZARD (A.); *Travaux*, Fr. (sep. 1955), no 251, p. 707-719, 34 fig., 5 réf. bibl. — Facteur de sécurité à la Fellenius, solution statistique et probabiliste de la sécurité. Applications de la méthode géométrique globale. — E. 37960. CDU 624.131.

32-91. Procédés géophysiques de reconnaissance des sols et leur application aux problèmes

de génie civil (Geophysical methods of exploration and their application to civil engineering problems). ROBERTSHAW (J.), BROWN (P. D.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (sep. 1955), Part. I, Gen., vol. 4, no 5, p. 644-690, 22 fig., 4 fig. h.-t., 7 réf. bibl. — Étude des deux principaux procédés utilisant la résistivité électrique ou la réfraction sismique. Description de l'équipement et des instruments utilisés. Exemples d'application. — E. 38237. CDU 624.131.

33-91. Transmission des efforts par une dalle épaisse reposant sur une fondation élastique (Transmission of stress through a thick slab supported by a yielding foundation). CAMPBELL (J. E.), HEAPS (H. S.); *Canad. J. Technol.*, Canad. (sep. 1955), vol. 33, no 5, p. 324-334, 6 fig., 25 réf. bibl. — E. 38255. CDU 624.151.

#### Cic Hydrographie.

34-91. Notions fondamentales sur l'économie de l'eau et sur l'hydrologie (Grundlagen der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde). STRECK (O.); Edit. : Springer-Verlag, All. (1953) 1 vol., x + 466 p., 351 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1649 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37868. CDU 628.1.

#### Cid Atmosphère. Météorologie.

##### Climatologie.

35-91. Appareil pour l'enregistrement de la répartition des variations des vitesses horaires moyennes des vents (An instrument for recording the frequency distribution of mean hourly wind speeds). COLLINS (B. G.); *Meteorological Magaz.*, G.-B. (août 1954), vol. 83, no 986

M. O. 584, p. 232-234, 2 fig., 2 réf. bibl. — Description d'un appareil fonctionnant en liaison avec un anémomètre et destiné à l'étude de l'exposition au vent de maisons d'habitation expérimentales, construites à Garston (G.-B.) par la Building Research Station. — E. 35892. CDU 697.9.

#### Cif Topographie. Tracé des ouvrages.

36-91. Instruments topographiques. Description. Réglage. Emploi. OLLIVIER (F.); Edit. : Eyrolles, Fr. (1955), 1 vol., 810 p., 554 fig., 1 fig. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 1633 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 38346. CDU 526.9.

37-91. La topographie moderne, à l'usage des ingénieurs civils (Modern surveying for civil engineers). BIRCHAL (H. F.); Edit. : Chapman and Hall Ltd, G.-B. (1955), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol., xi + 528 p., nombr. fig., 24 fig. h.-t., 14 pl. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 1644 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 36181. CDU 526.9.

#### Co CONDITIONS GÉNÉRALES

##### Cod 1 Normalisation.

38-91. Évolution des prescriptions techniques allemandes relatives à la construction au cours de l'année 1954 (Entwicklung der Technischen Baubestimmungen im Jahre 1954). KOERNER (C.); *Ziegelindustrie*, All. (2 sep. 1955), no 18, p. 685-688. — Commentaires sur les normes allemandes. — E. 38149. CDU 69.001.3.

## D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

### Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

39-91. Matériaux de construction. Leur fabrication et leurs propriétés (Materials of construction. Their manufacture and properties). MILLS (A. P.), HAYWARD (H. W.), RADER (L. F.); Edit. : John Wiley and Sons, Inc., U. S. A. (1955), 6<sup>e</sup> édit., 1 vol., xii + 650 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1639 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37326. CDU 691.

#### Dab j Matériaux métalliques.

40-91. L'acier dans la construction (Gestalteter Stahl). Edit. : Stahlbau-Verlags, GmbH, All. (1955) Veröffentlichungen des Deutschen Stahlbau-Verbandes no 7, 1 vol., 99 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1641 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 36987. CDU 624.014.

41-91. Aciers faiblement alliés et à haute résistance pour la construction des ponts (Low-alloy, high-strength steels for bridges). KAROL (J.); *Civ. Engng*, U. S. A. (oct. 1955), vol. 25, no 10, p. 62-64, 3 fig. — Historique de l'évolution de cette technique aux U. S. A., exemples de réalisations : pont de Rock Island sur le Mississippi et pont de Paseo sur le Missouri. — E. 38674. CDU 624.2 : 691.714.

42-91. Construction en poutres mixtes. I : Directives pour l'étude et le dimensionnement. II : Commentaires (Verbundträger-Hochbau.

I : Richtlinien für die Ausbildung und Bemessung. II : Erläuterungen. *Deutschen Normenausschusses*, All. (avr. 1954), projet de norme allemande DIN 4239 : (I), 4 p., 9 fig.; (II), 3 p., 8 fig. — (Tiré de *Bauingenieur*, All., 1954, no 8). — Domaine d'emploi des poutres mixtes. Qualité des matériaux. Principes d'utilisation. Forme des ancrages. Principes du calcul des poutres mixtes béton-acier. Contraintes admissibles. — E. 35722, 35723. CDU 624.072.2.

43-91. L'aluminium dans la construction en élévation. Directives pour l'exécution et le calcul (Aluminium im Hochbau. Richtlinien für Ausführung und Bemessung). *Deutschen Normenausschusses*, All. (mars 1955), projet de norme allemande DIN 4113, 6 p., 14 fig. — (Tiré de : *Aluminium*, 1955, no 6). — Domaine d'application. Matériaux. Agrément de l'usine du fabricant. Moyens d'assemblage, épaisseur des murs, protection contre la corrosion. Eléments comprimés, flèches. Protection contre l'incendie. Coefficients de flamboement. — E. 37176. CDU 691.771.

#### Dab l Matériaux rocheux. Pierres.

44-91. Travaux en pierres naturelles. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdingsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften. Naturwerksteinarbeiten). *Deutschen Normenausschusses*, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18332, (remplace la DIN 1968),

4 p. — Généralités. Matériaux et éléments de construction. Pose des pierres et réalisation. Prestations accessoires. Métré. — E. 37183. CDU 693.1.

#### Dab lam Asphaltes et bitumes.

45-91. Relations entre la plasticité et la structure chimique du bitume (Zusammenhänge zwischen Plastizität und chemischem Aufbau des Bitumens). *Bitum.-Teere.-Asph.-Pech.-Verstoffe*, All. (sep. 1955), no 9, p. 295-305, 11 fig., 32 réf. bibl. — Compte rendu d'essais approfondis effectués en Allemagne sur trente-sept spécimens de bitume. — E. 38370. CDU 691.16.

#### Dab lel s Agglomérés.

46-91. Carreaux en béton léger (non armé) pour la construction des cloisons (Wandbauplatten aus Leichtbeton-unbewehrt). — *Deutschen Normenausschuss*, All. (mai 1954), norme allemande, DIN 18162, (remplace la DIN 4162), 2 p., 2 fig. — Agrégats. Forme, dimensions et poids maxima. Résistance. Essais. Garantie de qualité. — E. 35720. CDU 69.022.5 : 666.973.

47-91. Travaux en agglomérés de béton. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdingsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften. Betonwerksteinarbeiten). — *Deutschen Normenausschusses*, All. (juil. 1955),

norme allemande DIN 18333, 4 p. — Généralités. Matériaux utilisés. Pose, revêtements de murs, revêtements de sols, joints. Prestations accessoires. Métré. — E. 37184. CDU 691.32.

48-91. Carreaux de plâtre (Wandbauplatten aus Gips). — Deutschen Normenausschusses, All. (juin 1954), norme allemande DIN 18163, 2 p., 3 fig. — Agrégats. Forme, dimensions et poids maxima. Résistance. Essais. Garantie de qualité. — E. 35721. CDU 693.61.

#### Dab len Verres.

49-91. Verre absorbant la chaleur. Son utilisation dans les bâtiments des pays tropicaux (Heat absorbing glass. Its use in buildings for warm climates). Colonial Build. Notes (Dept. Sci. Industr. Res.), G.-B. (mars 1954), n° 20, 5 p., 6 fig. — Propriétés physiques de ce type de verre. Domaines d'utilisation. Précautions à prendre lors de la pose. — E. 35964. CDU 69.024.97.

#### Dab m Bois et matériaux à base de bois.

50-91. Ouvrages en bois. Prescriptions réglementaires et commentaires (Holzbauwerke. Vorschriften und Erläuterungen). WEDLER (B.); Edit. : Wilhelm Ernst und Sohn, All. (1955), 1 vol., 87 p., 88 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1650 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37094. CDU 694.1.

51-91. La résistance des pièces de bois comprimées (The strength of timber struts). Dep. Sci. Industr. Res. G.-B. (1955), Forest Prod. Res. Spec. Rep., n° 9, IV + 28 p., 23 fig., 2 fig. h.-t., 4 réf. bibl. (H. M. S. O.). — Considérations théoriques. Objet de l'étude. Préparation des spécimens. Méthode d'essai. Résultats. Discussion. Nombreux tableaux indiquant les résultats obtenus avec diverses essences de bois. — E. 37816. CDU 624.042.

52-91. Peut-on empêcher la fissuration en bout des grumes? (Can end splitting of logs be controlled?). BOYD (J. D.); Forest Prod. Newsletter (C. S. I. R. O.), Austral. (juil. 1955), n° 208, p. 1-2, 4 fig., 1 réf. bibl. — Inefficacité des procédés mécaniques (crampons, saignée à la gouge). Précautions à prendre pour le séchage et le débitage. — E. 37569. CDU 674.

53-91. Le bois, matière première (Das Holz als Rohstoff). TRENDELENBURG (R.), MAYER-WECELIN (H.); Edit. Carl Hansen, All. (1955), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol., xv + 541 p., 1 nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1654 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37531. CDU 674.

54-91. Conservation des bois pour constructions légères (Preservation of light building timbers). Tiré à part de : Build. Progress, N.-Zé. (juin 1954), vol. 19, n° 6, 8 p., 12 réf. bibl. — Mémoire présenté au Congrès Scientifique de Nouvelle-Zélande tenu à Auckland en mai 1954. Les ennemis des bois néo-zélandais. Produits de conservation utilisés. Importance de la ventilation. Procédés de conservation. — E. 36265. CDU 674.04.

#### Dac PEINTURES. PIGMENTS.

#### VERNIS. PRODUITS ANNEXES

55-91. Étude sur le vieillissement des peintures. TARBOURIECH (A.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (déc. 1955), n° 96, (Essais et mesures : 35), p. 1353-1374, fig. — Résultats d'expériences terminées sur des peintures exposées en différents climats et vieillies artificiellement en laboratoire. Ces résultats font ressortir des

differences entre les peintures tant par leur qualité propre que par la nature du sujetile sur lequel elles ont été appliquées. Des photographies et graphiques illustrent les résultats des vieillissements artificiels et naturels. De cette méthode il ressort que les conditions d'exposition (climat et orientation) ont leur importance. Enfin, certains facteurs biologiques qui n'ont pas été étudiés dans l'expérience sont susceptibles de modifier sensiblement les prévisions de laboratoire. — E. 39037. CDU 677.61.

#### Daf SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS

#### Daf j Essais et mesures.

56-91. Procédés de contrôle du béton à l'aide des ultra-sons (Methoden zur Prüfung des Betons mit Hilfe von Ultraschall). HÜTTER (A.); Bauplan. Bautech., All. (sep. 1955), n° 9, p. 385-389, 4 fig., 12 réf. bibl. — Compte rendu de recherches effectuées en Allemagne en vue de la mise au point d'un nouveau procédé. Résultats obtenus. — E. 38182. CDU 691.32.

#### Daf l Corrosion.

57-91. La protection de l'acier de construction (The protection of structural steel). NYLEN (P.), TRÄGARDH (K. F.); Civ. Engng and Publ. Works Rev., 8, Buckingham Street, Londres W. C. 2, G.-B., 24 p., 19 fig., 3 réf. bibl. — Compte rendu des essais de longue durée exécutés par la Commission suédoise de la Corrosion sur des plaques d'acier peintes et galvanisées, exposées à l'air. Essais poursuivis depuis 1939 dans différentes localités de la Suède. Effets des différents facteurs. Conclusions pratiques. — E. 37226. CDU 620.197.

58-91. Mécanisme de l'attaque par les liquides du mortier de ciment durci et du béton (Vom Mechanismus des Angriffes von Flüssigkeiten auf erhärteten Zementmörtel und Beton). HUMMEL (A.); DICKERSBACH-BARONETZKY (E.); Beton-Stahlbetonbau, All. (sep. 1955), n° 9, p. 233-237, 11 fig., 1 réf. bibl. — Influences chimiques, influences chimiques combinées à des phénomènes physiques, influences exclusivement physiques. — E. 38130. CDU 666.97.033.97 : 620.1.

59-91. Méthodes d'essais de la résistance aux cryptogames de matériaux de construction manufacturés, contenant une proportion plus ou moins grande de matières d'origine organique (Methods of testing fungal resistance of manufactured building materials). Brit. Stand. Instn, G.-B. (1953), B. S. 4982, 9 p. — Méthodes d'essais pour déterminer la résistance des panneaux de fibre, en plâtre, en laine de bois, liège, en paille comprimée. Champignons à étudier. Mode opératoire. Evaluation des résultats. — E. 37677. CDU 699.874.

#### Daf m Stabilité des constructions.

60-91. Théorie du dimensionnement rationnel des constructions, et bases de son application (Teoriens for rationell dimensionering af bygninger og nogle af forudsætningerne for teoriens anvendelse). BREDSORFF (P.); Beton-Jernbeton, Danm. (oct. 1955), n° 4, p. 171-182, 4 fig. — Étude critique des formules réglementaires de calcul des structures portantes. Exposé d'une nouvelle méthode avec tableau et diagrammes de dimensionnement rationnel, répercussions économiques de l'application de cette méthode. — E. 38209. CDU 624.07.

#### Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE

#### Deb ja Consolidation du sol. Assèchement. Drainage.

61-91. Le compactage des sols en profondeur dans la technique des fondations. I. II. (fin) (Diepte-verdigting van grond volgens het "Rütteldruckverfahren", toegepast in de funderingstechniek). BOSCH (J. H. jr.); Polytech. t., Pays-Bas (4 août 1955), n° 31-32, p. 552b-555b, 5 fig.; (18 août 1955), n° 33-34, p. 582b-589b, 13 fig. — Étude des procédés utilisés en Allemagne sous le nom de « Rütteldruckverfahren ». — E. 37648, 37871. CDU 624.138.

62-91. Travaux d'épuisement des eaux. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdungungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften Wasserhaltungsarbeiten). — Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18305, 4 p. — Conditions d'exécution des fosses et des puits. Prestations accessoires. Métré. — E. 37181. CDU 624.157.

#### Deb je Terrassements.

63-91. Manuel des travaux de terrassement (Moving the earth. — The workbook of excavation.) NICHOLS (H. L. jr.); Edit. : North Castle Books, U. S. A. (1955), 1 vol., XXXI + 1280 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1641 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 36909. CDU 624.13.

64-91. Travaux de terrassement. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdungungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften. Erdarbeiten). Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18300. (remplace la DIN 1962), 6 p. — Classification des sols. Exécution des travaux : transport des terres, réalisation des fouilles de fondation, remblayage. Prestations accessoires. Métré. — E. 37177. CDU 624.13.

#### Deb ji Fondations.

65-91. Fondations des bâtiments (Bygningsfundering). Stat. Byggeforskningsinst., Danm. (1955), Anvisning n° 28, 84 p., 27 fig., 20 réf. bibl. — Étude de l'Institut Géotechnique danois sur les caractéristiques des diverses formations du sol au Danemark, portance, procédés de sondage, choix des terrains selon la nature des bâtiments à édifier, modes diverses d'exécution des fondations. Solutions relatives à certains problèmes particuliers : sables mouvants fréquents au Danemark; murs de soutènement, murs de caves. — E. 38114. CDU 624.15.

66-91. Fouilles. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdungungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften. Baugrubenarbeiten). Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18303, 4 p. — Généralités. Épuisement des eaux, revêtement et consolidation de la fouille. Prestations accessoires. Métré. — E. 37179. CDU 624.133.

67-91. Fonçage des puits par congélation. MATHERON (G.), GIRAUD (G.), PEYRAT (G.), GAUTRIN (H.); Rev. gén. Froid, Fr. (nov. 1954), n° 11, p. 1201-1205 2 fig., (tiré des : Techniques de l'Ingénieur, et Établissements de Hulst Faible — Procédé de fonçage par congélation. Principe. Travaux préparatoires et installations. Sondages de congélation. Congélation. Creusement et revêtement. Parachèvement, dégel. Extraction des congélateurs après dégel. Application du procédé par congélation. Variantes

ix procédés précédemment décrits. — E. 38156  
CDU 624.131.435.

68-91. Fondations et semelles de fondation à orée (Nouvelle Galles du Sud) (Foundations und footings at Moree, N. S. W.). TASKER (H. J.); RUSSELL (F. A.); Commonw. Experimental Sta. (Dept. Works), Austral. (jan. 1955), spec. Rep. n° 17, XII + 75 p., 60 fig. — Compte rendu des résultats d'expérience en chantier, comportement des divers types de semelles de fondation et caractéristiques des fondations sur lesquelles elles reposent. Mesures préconisées pour réduire au minimum les risques de désordres dans les bâtiments en maçonnerie, en béton, en bois, en acier à la suite d'avaries intéressant les semelles de fondations. Bibliographie. — E. 38283. CUDU 624.153.

69-91. Protection complète des bâtiments et ouvrages contre les désordres dus aux affaissements miniers (Complete protection of structures against damage due to mining subsidence). WASILKOWSKI (F.); C. A. C. A. (Libr. Transl.), — B. (août 1955), n° 55, 36 p., 25 fig. — (Traduction d'un article paru dans « Inzyn. udowa », Pol., 1951, n° 7-8). — Exposé d'une nouvelle méthode de calcul des fondations assurant une sécurité parfaite des constructions dans le cas d'affaissements miniers. — E. 38373. CUDU 624.159.

70-91. Fonçage de pieux et de palplanches, règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften, Rammarbeiten). Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18304, 5 p. — Dispositions concernant les matériaux : bois, acier, béton armé. Exécution, restations accessoires. Métré. — E. 37180. CUDU 624.157.

71-91. Confection de pieux au moyen de coulis de mortier et de terre malaxée sur place (intrusion grout mixed-in-place piles). Dock Harbour Author., G.-B. (oct. 1955), vol. 36, n° 420, p. 177-181, 8 fig., 1 réf. bibl. — Description d'un procédé américain utilisé pour la confection de pieux de fondation et de rideaux tanches. Le mortier comporte de l'Alfesil comme produit d'addition. — E. 38698. CUDU 624.155.

72-91. Forages. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften, Bohrarbeiten). Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18301, 3 p. — Emplacement des forages, appareillage utilisé. Matériaux. Résultats des forages. Prestations accessoires. Métré. — E. 37178. CUDU 624.131.

## Deb le Mortiers.

73-91. Mécanisme de l'alkali-réaction des agrégats (Mechanisms of alkali-aggregate reaction). PIKE (R. G.); HUBBARD (D.); INSLY (H. J. A. C. I., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 1, 13-34, 24 fig., 24 réf. bibl. — E. 38575. CUDU 691.322.

## Deb li Bétons.

74-91. Le béton (Der Beton). SCHULZE (W. W. R.); Edit. : Fachbuchverlag GmbH, All. (1954), 1 vol., 204 p., 193 fig., 1 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1652 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37928. CUDU 693.5.

75-91. Manuel du béton (Concrete manual). Edit. : U. S. Deptm. Inter. Bur. Reclamat., U. S. A. (1955), 6<sup>e</sup> édit., 1 vol., xxvi + 491 p., 209 fig. — Voir analyse détaillée E. 1640 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37553. CUDU 666.972.

76-91. L'importance et la séparation des matériaux très fins dans la construction en béton de masse (Die Bedeutung und Trennung der Feinststoffe im Massenbetonbau). SCHULZE (W.) Bauplan.-Bautech., All. (sep. 1955), n° 9, p. 396-402, 23 fig., 15 réf. bibl. — Importance de la granulométrie dans la confection de béton de masse. Influence défavorable des agrégats dont la grosseur de grain est inférieure à 0,1 mm. — E. 38182. CUDU 624.012.3 : 624.012.52.

77-91. Théories du fluage du béton (Theories of creep in concrete). NEVILLE (A. M.); J.A.C.I., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 1, p. 47-60, 61 réf. bibl. — Etude critique des différentes théories. — E. 38575. CUDU 666.972.015.46.

78-91. Fissurations dans le béton armé (Revnen i jernbeton). KUDSK-JORGENSEN (B.); Beton-Jernbeton, Danm. (oct. 1955), n° 4, p. 159-170, 3 fig., 7 réf. bibl. (résumé anglais). — Importance d'un dimensionnement judicieux des armatures pour prévenir les fissures. Dans le calcul d'un ouvrage aux îles Féroé, les Danois ont utilisé une formule des Ponts et Chaussées suédois adaptée aux aciers lisses ou crénélés. Exposé d'un calcul effectué au moyen de cette formule, en envisageant également l'hypothèse d'une section en T. — E. 38209. CUDU 624.21.059.2.

79-91. Influence exercée sur la résistance du béton lorsqu'on laisse s'effectuer le séchage avant que le traitement après prise ait été complètement achevé (The effect of allowing concrete to dry before it has fully cured). WATERS (T.); Magaz. Concr. Res., G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 79-82, 6 fig. — E. 38681. CUDU 666.972.

80-91. Supports de coffrage de type récent. Le support de coffrage flexible BK (Neuartige Betonschalungsträger. Flexible BK-Schalungsträger). Oesterr. Bauztg, Autr. (15 oct. 1955), n° 42, p. 7-8, 2 fig. — Description de ce type de support de coffrage particulièrement adapté à la construction d'ouvrages de section circulaire : galeries, réservoirs, voûtes. — E. 38592. CUDU 69.057.5.

81-91. Coffrages pour planchers de béton dans le bâtiment (Dækformere i boligbyggeri). Stat. Byggeforskninginst., Danm. (1955), Anvisning 15, 62 p., 24 fig., 28 réf. bibl. — Exposé des types modernes de coffrages et supports de coffrages, pour la réalisation de planchers en béton, avec transport par brouettes du béton lui-même. Dimensions des éléments; calcul du prix de revient. Emploi de contreplaqué en différentes espèces de bois. Outillage. Emploi de coffrages en acier. — E. 38113. CUDU 69.057.53.

82-91. Obtention d'un béton de meilleure qualité dans l'exécution des revêtements de sections en pente grâce à l'emploi de coffrages glissants (Better concrete in slope paving by use of slip-forms). ROBINSON (W. J.); TUTHILL (L. H.); J. A. C. I., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 1, p. 1-11, 14 fig. — E. 38575. CUDU 69.057.528.

83-91. Nouveaux types de coffrages pour le béton (Nyere betonformere). NIELSEN (K. E. C.); Stat. Byggeforskninginst., Danm. (1955), Stud. n° 18, 66 p., 98 fig., 50 réf. bibl. — L'Institut de Recherches de l'Etat Danois pour le Bâtiment étudie depuis 1952 des prescriptions nouvelles concernant les coffrages pour planchers ou pour murs en béton. Détails d'installation des coffrages et des procédés de décoffrage. Caractéristiques des divers types de coffrages horizontaux et verticaux, en bois ou en acier, épaisseur, prix, frais de main-d'œuvre. — E. 38047. CUDU 69.057.5.

84-91. Le poste de bétonnage. RODÉ (O.) DUCRET (A.-P.); Edit. : Soc. de Propagande et de Diffusion des Techniques du Bâtiment, Fr. (1955), 1 vol., 200 p., nombr. fig. — Voir

analyse détaillée B. 1635 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 38273. CUDU 666.97.05.

85-91. Bétonnage par temps froid pour la construction d'un pont en béton précontraint (Betonieren einer Spannbetonbrücke im Winter) EISENMANN (J.); Beton-Stahlbetonbau, All. (oct. 1955), n° 10, p. 255-260, 14 fig., 8 réf. bibl. — Pont à travée unique de 21 m de portée franchissant la voie ferrée à Passau (All.). Description de l'installation de réchauffage des agrégats, organisation du chantier. — E. 38605. CUDU 624.21.012.46 : 693.03.324.

86-91. Traitement du béton à la vapeur, suivi d'un séchage à l'air chaud (Steam curing plus hot-air drying). LENHART (W. B.); Tiré de : Concr. Prod., U. S. A. (juin 1954), p. 195-196, 4 fig. — Méthode adoptée par la Frontier Stone Products, de Lockport (U. S. A.) pour le séchage de ses agglomérés de béton : prise (2 h.), application de vapeur (1 à 3 h.), le lendemain, séchage à l'air chaud. — E. 36597. CUDU 666.972.

87-91. Recherches expérimentales sur des bétons avec et sans addition de produit « Frioplast » agissant comme fluidifiant et entraîneur d'air. I. II. (Ricerche sperimentalì su calcestruzzi con e senza aggiunta di prodotto fluido-aerante « Frioplast »). Cemento, Ital. (août 1955), n° 8, p. 2-9, 1 réf. bibl.; (sept. 1955), n° 9, p. 2-10, 39 fig. — Compte rendu d'essais effectués au laboratoire de l'Institut de la Construction et des Ouvrages hydrauliques à Rome. — E. 38318, 38952. CUDU 666.972.16.

88-91. Bétons goudronneux. I. HUBRECHT (L.); Centre de Recherches routières, Belg. (1er mars 1955), Rapport de recherche, 1 vol., 96 p., 40 fig., 30 réf. bibl. — Compte rendu de recherches effectuées sous les auspices de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.). — Caractéristiques des bétons goudronneux, études en laboratoire. Mélanges fillers-liants : méthodes de caractérisation des fillers et des goudrons, étude des mélanges fillers-goudrons. Technique du laboratoire. Revêtements expérimentaux : description des réalisations expérimentales belges de 1953 et 1954. Conclusions des expériences. — E. 36135. CUDU 625.84.

89-91. Béton lourd avec agrégats constitués de déchets métalliques (Heavy steel-aggregate concrete). FIESENHEISER (E. I.); WASIL (B. A.); J. A. C. I., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 1, p. 73-82, 9 fig. — Compte rendu de recherches expérimentales en vue de la mise au point d'un type de béton assurant une protection efficace contre les radiations nucléaires dans les installations équipées de cyclotrons. — E. 38575. CUDU 666.972.5.

## Deb m Maçonnerie.

90-91. Maçonnerie collée et clouée. — Bâtir, Fr. (oct. 1955), n° 52, p. 14-17, 6 fig. — Étude du procédé suédois mis au point par la Société Ytong, consistant dans l'utilisation d'éléments de béton léger assemblés au moyen de clous et d'une colle spéciale. — E. 38668. CUDU 666.973.

## Deb mo Enduits. Revêtements.

91-91. La xyloïlite (Steinholz). HEIMBERGER (W.); Edit. : Bauverlag GmbH, All. (juin 1955), 1 vol., 76 p. — Voir analyse détaillée B. 1655 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 38117. CUDU 693.7.

92-91. Comment exécuter un enduit de bonne qualité (So macht man guten Putz). PLEINBURG (W.); Edit. : Bauverlag GmbH, All. (mars 1955), 1 vol., XII + 206 p., 130 fig., — Voir analyse détaillée B. 1656 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37324. CUDU 693.61.

**93-91. Carreaux de ciment et carreaux de mosaique de marbre (Cementtegels en marmozakietegels). Inst. belge Normalisat.** Belg. (1er sep. 1955), projet de norme belge NBN 224, 2<sup>e</sup> édit., 23 p. en français, 23 p. en flamand, 6 fig. — Objet et domaine d'application, formes, dimensions et tolérances. Spécifications, essais. Recommandations pour la mise en œuvre et l'entretien. — E. 38660. CDU 69.025.334.

#### Deb ne Béton armé.

**94-91. Traité de béton armé. t. III. Les fondations.** GUERRIN (A.); Edit. : Dunod, Fr (1955), 1 vol., IX + 315 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1631 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 38272. CDU 624.15.

**95-91. Instructions relatives aux ouvrages en béton armé** (Onderrichtingen betreffende de bouwwerken in gewapend beton). Inst. Belge Normalisat. Belg. (juin 1955), 5<sup>e</sup> édit., norme belge NBN 15-1955, 85 p., 16 fig. (en français et en flamand). — Etude des divers types de sollicitations et charges, calcul de l'action du vent, superposition de différentes sollicitations, calculs de résistance. Qualité des matériaux, tensions de sécurité de base, tensions de sécurité autorisées, déformations, exécution des travaux, épreuve des ouvrages. Instructions provisoires pour les ouvrages en béton précontraint. Instructions provisoires pour les poutrelles enrouées. — E. 38160. CDU 624.044.

**96-91. Calcul à la rupture** (Ultimate load design). BILLIG (K.); Bull. Central Build. Res. Inst. Roorkee, Inde (jan. 1955), vol. 2, n° 4, 97 p., 27 fig., 57 réf. bibl. — Le calcul à la rupture dans les constructions en béton armé est basé sur les résistances maximales, au lieu de l'être sur les contraintes admissibles. Il permet de déterminer la force portante d'un élément quelconque avec une précision suffisante. La brochure donne un aperçu d'ensemble sur les connaissances actuelles dans ce domaine. Notions fondamentales : caractéristiques des armatures et du béton, axe neutre, fissurations, déformation critique du béton. Déformations et résistance à la flexion. Limites de résistance à la traction et à la compression. Exposé de différentes théories des déformations, de la plasticité. Compression axiale. Charges combinées. — E. 38493. CDU 624.046.

**97-91. Le soudage des armatures d'éléments préfabriqués en béton armé utilisés dans la construction de maisons d'habitation** (Das Schweißen von Bewehrungskörnern für Fertigbauteile aus Stahlbeton im Wohnungsbau). MENDE (H.), KORNOSZ (Th.); Bauplan-Bau-tech., All. (sep. 1955), n° 9, p. 405-411, 19 fig., 27 réf. bibl. — Nécessité d'un remaniement de la norme allemande DIN 1045 en ce qui concerne le soudage. — E. 38182. CDU 621.792.75.

#### Deb ni Béton précontraint.

**98-91. Méthodes de précontrainte dans la construction des ponts.** (Prestressing practices in bridge building). RÜNDLETT (J. C.) Proc. A. S. C. E. (Struct. Div.), U. S. A. (juil. 1955), vol. 81, Pap. n° 733, 37 p., 25 fig. — Exemples des méthodes adoptées pour différents ponts récemment construits en Amérique. — E. 37106. CDU 693.56.624.2.

**99-91. Quelques aspects particuliers du béton précontraint, et notamment des pylônes des lignes électriques** (Some aspects of prestressed concrete with particular reference to electrical transmission structures). MACERATA (S.); Trans. S. Afr. Instr. civ. Engrs., Afr. S. (fév. 1954), vol. 4, n° 2, p. 65-77, 10 fig., 3 réf. bibl. — Étude des matériaux utilisés, importance du dosage du béton. Nécessité d'obtenir un mortier exempt d'eau capillaire pour éliminer le danger de corrosion des armatures. Description d'essais

ayant porté sur un type de pylône pour ligne électrifiée de chemin de fer. Excellent comportement du pylône au cours des essais. En annexe étude du prix de revient. — E. 36136. CDU 624.97.

**100-91. La reconstruction du pont d'autoroute sur le Rhin à Rodenkirchen près de Cologne** (Der Wiederaufbau der Autobahnbrücke über den Rhein in Rodenkirchen bei Köln). PLUM (A.); V. D. I., All. (21 sep. 1955), vol. 97, n° 27, p. 51-955, 9 fig. — Pont suspendu de 509 m de longueur avec tablier de 25,5 m de largeur en béton précontraint selon procédé Dywidag. Les poutres de rigidité sont également précontraintes. — E. 38397. CDU 624.5 : 625.711.3 (43).

**101-91. Effet des températures élevées sur le béton précontraint** (Invloed van hoge temperaturen op voorgespannen beton). BAAR (G.); Cement Beton, Pays-Bas (jan. 1952), n° 13-14, p. 232-235, 12 fig. — Compte rendu d'essais de résistance au feu d'une poutre en béton précontraint, comportement de l'armature, répartition des tensions. — E. 19141. CDU 699.81.

**102-91. Calcul théorique et comportement réel du béton précontraint** (Design assumptions and the behaviour of prestressed concrete). ABELES (P. W.); Concr. Constr. Engng., G.-B. (sep. 1955), vol. 50, n° 9, p. 317-325, 1 réf. bibl. — Étude des causes de la non-concordance entre les calculs et le comportement réel du béton précontraint. — E. 38194. CDU 693.56.

**103-91. Ossature en béton précontraint pour la Faculté de Médecine de l'Université de Liverpool** (Prestressed concrete framework for the Liverpool University Medical school). SHEPLEY (E.); Reinf. Concr. Rev., G.-B. (1954), vol. 3, n° 6, p. 371-392, 19 fig. — Emploi du procédé Freyssinet. — E. 38129. CDU 727.3 : 693.564.

**104-91. Évolution des efforts dans l'armature de précontrainte dans le cas de coefficient de frottement variable** (Kraftverlauf im Spannglied bei veränderlicher Reibungszahl). MÜHLE (L.); Beton-Stahlbetonbau, All. (oct. 1955), n° 10, p. 251-255, 9 fig., 5 réf. bibl. — E. 38605. CDU 693.564 : 539.62.

**105-91. Ouvrages en béton précontraint avec armatures concentrées** (Prestressed concrete structures with concentrated tendons). LEONHARDT (F.); Contract. Rec. Publ. Works Engr., G.-B. (sep. 1955), vol. 7, n° 3, p. 37-39, 41, 3 fig. — Extraits d'une conférence faite à Londres devant l'Association pour le béton précontraint. — E. 38252. CDU 624.012.46.

#### Dec CHARPENTE.

##### MENUISERIE. SERRURERIE

**106-91. Recherches récentes à Imperial College sur le calcul de charpentes en béton armé par la théorie de la charge limite** (Recent research at Imperial College on the design of reinforced concrete frameworks by ultimate load theory). BAKER (A. L. L.); Reinf. Concr. Rev., G.-B. (1954), vol. 3, n° 6, p. 313-369, 26 fig., 16 réf. bibl. — E. 38129. CDU 624.04.

#### Dec 1 Travail des métaux.

##### Charpente. Soudure. Menuiserie.

**107-91. Sécurité et conditions de qualité exigées dans les divers types de constructions soudées** (Sicherheit und Güteanforderungen bei den verschiedenen Arten geschweißter Konstruktionen). KLÖPPEL (K.); Tiré à part de : Schweißen Schneiden, All. (1954), 28 p., 47 fig., 24 réf. bibl. — Essai de classification des constructions soudées en vue du choix des matériaux. Causes d'avaries et de rupture,

déformations, influence de l'épaisseur des parois. Effets du froid. Réalisation des cordons longitudinaux. Pureté de l'acier. Prise en considération des diverses influences dans le choix de la nuance d'acier, exemples d'application. — E. 37187. CDU 621.791.

**108-91. Charpente métallique d'un hall de laminoir.** Acier, Fr. (sep. 1955), n° 9, p. 357-361, 10 fig. — Description de la charpente métallique de la partie Est des nouvelles installations des lamination des Usines Moi Rana (Norvège). Construction soudée. — E. 38197. CDU 624.94.

**109-91. Le calcul des ossatures étagées à cellules multiples, sous l'action du vent.** ROBERT (E.); MUSSETTE (L.); Acier, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 425, 1 fig. — E. 38500. CDU 624.042.

**110-91. Comparaisons dans la construction moderne à ossature métallique. I. II. (fin).** (Comparisons in modern structural steel-work). FISHER CASSIE (W.); COOPER (D. W.); Civ. Engng., G.-B. (juil. 1955), vol. 50, n° 589, p. 765 ; (août 1955), n° 590, p. 889-890, 4 fig. — E. 37391, 37873. CDU 693.8.

#### Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

##### Ded 1 Etanchéité des constructions.

**111-91. Joints étanches à l'eau dans les structures articulées en béton** (Waterstops in articulated concrete construction). ALLEN (E. A.); HIGGINSON (E. C.); J. A. C. I., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 1, p. 83-94, 4 fig. — Étude du problème de la confection de joints étanches à l'eau dans les structures à parois minces : petits barrages de dérivation, stations de pompage, canaux. Caractéristiques des joints en caoutchouc. — E. 38575. CDU 626.8.

#### Ded mo Aménagement. Décoration.

**112-91. Essais des panneaux en fibres de bois.** Détermination de la teneur en humidité et du gonflement (Prüfung von Holzspanplatten. Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Dickenquellung). — Deutschen Normenausschuss, All. (jan. 1955), norme allemande DIN 52361 (remplace la DIN 52350-oct. 1943), 2 p. — Définitions, description des spécimens, exécution des essais. Détermination de la teneur en humidité et de la variation d'épaisseur. Présentation et interprétation des résultats. — E. 35725. CDU 691.147.

#### Def PRÉFABRICATION

**113-91. La préfabrication dans l'industrie de la construction.** BONNOME (M.); Cah. mens. Minist. Reconstr. Logement, Fr. (août-sep. 1955), n° 8-9, Etudes et documents n° 54, 28 p., 40 fig. — Étude de la préfabrication éminemment industrielles : maisons métalliques, procédés Camus, procédés Coignet. La préfabrication partiellement industrialisée : procédés Balency et Schuhl, Baret, Panobloc et similaires. — E. 38410. CDU 69.002.2.

#### Dic CLIMATISATION

**114-91. Chauffage central, ventilation et conditionnement d'air.** Méthode d'essai pour la détermination de l'émission calorifique des aérothermes alimentés en vapeur (Centrale verwarming, luchtvvervanging en klimaatregeling. Beproefingsmethode voor de bepaling van de warmte-afgifte van luchtheiterversvoerd met stoom). Inst. Belge Normalisat., Belg. (juin 1955), 1<sup>e</sup> édit., norme belge NBN 317/1955, 24 p., 13 fig. (en français et en flamand). — Termino-

rie et définitions, installation d'essai, dispositif de mesure du débit d'air, description de l'essai. Calculs et résultats. — E. 38161.

CDU 697.

115-91. Installations de chauffage central, ventilation et installations centrales de préparation d'eau chaude. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : dispositions techniques générales (VOB Verbindungsordnung für Bauleistungen). Teil G : Allgemeine technische Vorschriften, Zentralheizungs- und zentrale Warmwasserbereitungsanlagen. — Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18380 (remplace la DIN 1979), 6 p. — généralités. Matériaux. Chaudières, canalisations, radiateurs, vases d'expansion. Exécution. Prestations accessoires. Métré. — E. 7185.

CDU 697.3.

116-91. Comparaison entre les réactions objectives relevées dans les recherches sur le chauffage et la ventilation (Assessment of objective reactions in heating and ventilation research). CHRENKO (F. A.); Heat. Ventil. Ingr., G.-B. (juil. 1955), vol. 29, n° 337, 12-13, 16, 6 réf. bibl. — Etude sur la sensation de confort et état actuel des recherches en la matière. — E. 38347.

CDU 697.

117-91. Durcissement par chauffage du béton de haute qualité (Värmehärdning av kvalitetsbetong). BJUGGREN (U.); Beton Jernbeton, Danm. (oct. 1955), n° 4, p. 183-189, 7 réf. bibl. — Etude du processus du durcissement du béton par chauffage à la vapeur, afin d'obtenir rapidement une résistance élevée. — E. 38209.

CDU 666.972.015.7.

118-91. Le conditionnement de l'air des locaux souterrains. ROUBINET (M.); Rev. Génie milit., Fr. (juil.-août-sept. 1955), t. 88, p. 237-279, 9 fig. — E. 38570.

CDU 697.8.

119-91. Etude sur le comportement thermique des bâtiments économiques à Dakar. CRESPI (S.); Chal. Industr., Fr. (sep. 1955), n° 362, 283-292, 15 fig. — Etude des conditions d'habitabilité, caractéristiques des bâtiments ayant fait l'objet des essais. Organisation des essais et résultats des mesures. — E. 38408.

CDU 699.86.

120-91. Etude du calorifugeage dans les chaudières étanches (Untersuchung des Wärmedämmung für Heizkellerdichtungen). LUFSKY (K.); Bauplan. Bautech., All. (sep. 1955), n° 9, p. 411-415, 8 fig., 7 réf. bibl. — Nécessité du calorifugeage, calcul de la transmission de la chaleur, directives, exemples de réalisations. — E. 38182.

CDU 699.82 : 699.

## Dic 1 Chauffage.

121-91. Etudes thermiques du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. FOURNOL (A.); Ann. I.T.B.T.P., Fr. (oct. 1955), n° 94, (Équipement tech. : 49), p. 1049-1059, 1 fig. — Conditions de réalisation d'une installation d'essais thermiques, destinée à l'expérimentation des parois des constructions. La surface de paroi soumise à l'essai, non compris son anneau de garde, mesure environ 1,70 sur 1,3 m. Les essais sont effectués entre — 10° et + 30° et permettent la détermination expérimentale du coefficient global de transmission K et des courbes d'influence en régime variable; accessoirement les températures superficielles sont déterminées. Les premiers essais de mise au point, faits en avril et mai 1955, ont porté sur cinq parois. On s'efforce de combiner ces essais physiques avec une étude technologique des conditions d'humidification naturelle des murs. Cette chambre d'essais des parois fonctionne dans la Station Expérimentale de Champs-sur-Marne. — E. 37120.

CDU 697.3.

122-91. Mesure du bruit provoqué par les installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement (Evaluation of equipment noise). HARDY (H. C.), BISHOP (D. E.); Heat. Pip. Air Condition., U. S. A. (sep. 1955), vol. 27, n° 9, p. 137-141, 8 fig., 4 réf. bibl. — E. 38210. CUDU 699.844 : 697.33.

123-91. Installations de chauffage central. Radiateurs en fonte (Instalatii de incalzire centrala. Radiatoare din fonta). Commiss. Normalisat. Etat roumain, Roum. (1<sup>er</sup> oct. 1951), norme roumaine STAS 1676-50, (Industr. métallurgique B 64), 3 fig. — Classification des éléments, dimensions. Conditions d'exécution. Réception. — E. 38773. — Trad. I. T. 438, 4 p.

CDU 696.35.

124-91. Chauffage central. Exécution. (Incalziri centrale. Executie). Commiss. Normalisat. Etat roumain, Roum. (1<sup>er</sup> mars 1951), norme roumaine STAS 1579-50, (Constr. civ. trav. hydraul., voies commun. instalat. G 83), 8 fig. — Tracé du réseau de conduites. Réalisation de l'installation : canalisations, radiateurs, chaudières. Contrôle de l'exécution. — E. 38774. — Trad. I. T. 439, 10 p. CUDU 697.3.

125-91. La conduite d'une installation de chauffage par panneaux rayonnants formés de tubes incorporés dans le béton. Conditions spéciales à réaliser pour obtenir une solution satisfaisante. NESSI (A.), Chaff. Ventil. Conditionn., Fr. (fév. 1955), n° 2, p. 2-11, 24 fig., 2 réf. bibl. — Tiré de Chal. industr., Fr., mai 1954, n° 5). — E. 34968.

CDU 697.353.

126-91. Nouveaux principes de chauffage dans les grands édifices. MISSENARD (A.); Mém. Soc. Ingrs civ. Fr., Fr. (juil.-août 1955), n° 4, p. 336-345, 10 fig., 7 réf. bibl. — Etude du problème du chauffage localisé. Sensation de chaleur du pied. Chauffage localisé par le sol entre 35 et 40°. Description de l'expérience de chauffage par zone, effectuée à la basilique de Saint-Quentin. Résultats de cette expérience. Application du chauffage localisé dans les usines. — E. 38482.

CDU 697.

127-91. Le code des conditions minimales d'exécution des sols chauffants en béton contenant des tubes enroulés en dalle indépendante. Monit. Trav. publ. Bâtim., Fr. (1<sup>er</sup> oct. 1955), n° 40, p. 29. — E. 38313.

CDU 697.353.

128-91. Le chauffage par rayonnement pour tous usages au moyen des rayons infra-rouges. Où son emploi se justifie-t-il? (Infrarot-Strahlungsheizung für alle Zwecke, wo ist sie angebracht?). ZIMMERMANN (W.); Schweiz. Bl. Heiz.-Lüftg., Suisse (1955), n° 3, p. 75-94, 26 fig., 9 réf. bibl. — E. 38431.

CDU 697.353.

129-91. Installation de chauffage et de ventilation d'un bâtiment industriel à couverture en sheds (Heizungs- und Lüftungsanlage einer Shed-Halle). SCHMIEDERER (B.); Heiz.-Lüft.-Haustechn., All. (sep. 1955), vol. 6, n° 5, p. 182-186, 6 fig. — Comparaison entre divers systèmes de chauffage expérimentés, description de l'installation qui a été adoptée (chauffage par air chaud). — E. 38213.

CDU 697 : 624.94.024.25 : 725.5.

130-91. Chauffage électrique des locaux (Elektro-Raumheizung). SCHULZ (W.); All. (1953), 2<sup>e</sup> édit. 1 vol., 159 p., 240 fig., 1 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1657 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 37058.

CDU 697.71.

131-91. Problèmes du chauffage dans les habitations à bon marché. I II. (Problemen bij de verwarming van de volkswoning). FORTUIN (G. J.), REUNITZ (J. de), VAN ZUILLEN (D.), VAN GUNST (E.), HAMAKER (J.); Ingev. Pays-Bas (7 oct. 1955), n° 40, p. G. 21-G.32, 7 fig.; (2<sup>e</sup> oct. 1955), n° 43, p. G. 33-G. 41, 6 fig. — Compte rendu d'exposés présentés à une réunion tenue à Utrecht en juillet 1955. — Les problèmes du chauffage des habitations à

bon marché sont examinés du point de vue physiologique, social et économique. Étude des déperditions de chaleur. Observations sur la consommation de combustible et le coût total du chauffage. — E. 38462, 38842.

CDU 697.

132-91. Les services d'eau chaude à circulation accélérée. THIN (D.); Bull. Co. S.T.I.C., Fr. (1955), Industr. thermiques n° 6, p. 11-19, 13 fig. — Problème de l'entraînement, schémas des circuits, calcul des caractéristiques : tuyauterie, pompe, débit. — E. 38367.

CDU 696.4.

## Dic n Ventilation. Séchage.

133-91. Filtres à air pour installations de ventilation et de conditionnement. I. II (fin). (Luftfilter für Lüftungs- und Klimaanlagen). MÜRMANN (H.); Wärme-Tech., All. (jan. 1955), n° 1, p. 6-8, 17, 11 fig., (fév. 1955), n° 2, p. 33-35, 10 fig. — E. 34342, 35038.

CDU 697.9 : 699.872.

134-91. Projet de code des conditions minimales de mise en œuvre des foyers et des conduits divers. Bull. Co. S.T.I.C., Fr. (1955), Industr. thermiques : n° 6, p. 20-47, 41 fig. — Terminologie, classification des produits de la combustion, construction des conduits d'évacuation, des conduits d'air chaud, des conduits de ventilation. Installation des foyers. Entretien. Sorties de toit et accès aux souches. — E. 38367.

CDU 697.33.

## Dif PROTECTION

### CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

#### Dif 1 Protection contre l'incendie.

135-91. Essais au feu sur des matériaux et éléments de construction (Fire tests on building materials and structures). Brit. Stand. Instn., G.-B. (1953), Brit. Stand. Specific. : B. S. 476 : Part. I, 24 p., 10 fig. — Essais de combustibilité. Essais de propagation superficielle de la flamme. Organisation des essais, description de l'appareillage. Dimensions et nombre des spécimens. Résistance au feu des éléments de construction. Résultats et interprétation des essais. — E. 37676.

CDU 699.81.

136-91. Résistance au feu et à la chaleur des matériaux et des éléments de construction (Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme). Deutschen Normenausschusses, All. norme allemande DIN 4102, 13 fig. — Définitions. Eléments de construction isolants, résistants à l'incendie, très résistants à l'incendie. Classification des matériaux de construction en matériaux combustibles, difficilement inflammables, incombustibles. Essais de produits ignifuges, essais spéciaux d'éléments de construction. — E. 38772. — Trad. I. T. 421, 20 p.

CDU 699.81.

#### Dif m Protection contre les séismes, inondations.

137-91. Installations de protection contre la foudre. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C : Dispositions techniques générales (VOB Verbindungsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften, Blitzschutzanlagen). Deutschen Normenausschusses, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18384, (remplace la DIN 1982), 2 p. — Généralités. Matériaux. Exécution. Prestations accessoires. Métré. — E. 37175.

CDU 699.887.

## Dif n Danger aérien. Explosions.

138-91. Problèmes posés lors de l'étude d'abris souterrains pour hôpitaux. I-A. Considérations générales sur l'établissement des projets et la réalisation de constructions à l'épreuve des bombes. II-B. Ventilation et réglage des installations de conditionnement. (Problemstellungen bei der Planung unterirdischer Krankenhaus-Schutzbauten. I : A. Allgemeine Gesichtspunkte zur Planung und Bombensicherheit. II : B. Lüftung und Klimaregelung.) KRESS (H. H.); Installation, Suisse (août 1955), n° 4, p. 128-134, 17 fig. ; (oct. 1955), n° 5, p. 149-158, 12 fig. — Étude d'abris pouvant contenir 2 655 personnes. — E. 38054. 38941. CDU 699.852.

139-91. Abras souterrains de défense passive pour hôpitaux (Unterirdische Krankenhaus-Schutzbauten). KRESS (H. H.); V. D. I., All. (11 mai 1955), vol. 97, n° 14, p. 429-434, 7 fig., 1 réf. bibl. — Ventilation et régulation des installations de conditionnement. — E. 38386. CDU 699.852.

## Dig 1 CANALISATIONS

140-91. Travaux d'installation de gaz, d'eau et d'évacuation des eaux usées. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C: Dispositions techniques générales (VOB Verdingsordnung für Bauleistungen. Teil C : Allgemeine technische Vorschriften. Gas-Wasser-und Abwasser-Installationsarbeiten). — Deutschen Normenausschuss, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18381, (remplace la DIN 1980), 4 p. — Généralités. Matériaux. Caractéristiques des conduites. Pose des canalisations. Prestations accessoires. Météo. — E. 37186. CDU 696.1/2.

141-91. Une solution originale de franchissement d'une brèche. Le passage de la Meuse du « feeder » à gaz de l'Est. Acier, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 413-417, 7 fig. — Franchissement assuré

au moyen d'un suspenseur quadricâble. Caractéristiques de l'ouvrage. — E. 38500. CDU 621.643.2.

## Dig m RÉSERVOIRS. SILOS

142-91. Emploi de panneaux bituminex pour le revêtement d'un réservoir (Asphalt panels line reservoir). Engng News-Rec. U. S. A. (13 oct. 1955), vol. 155, n° 15, p. 33, 2 fig. — Réservoir d'eau alimentant la ville de Oakland (U. S. A.). Caractéristiques du revêtement assurant une bonne étanchéité. — E. 38692. CDU 621.642.

## Do ENTREPRISES. ORGANISATION MAIN-D'ŒUVRE

■ 143-91. La gestion prévisionnelle et contrôlée de l'entreprise. THIBERT (R. B.); Edit. : Dunod, Fr. (1955), 1 vol., xxii + 265 p., 31 fig. — Voir analyse détaillée B. 1632 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 38271. CDU 658.15.

144-91. Construction d'un grand garage où la réalisation des planchers s'effectue de haut en bas (Parking decks built from the top to down). Archit. Forum, U. S. A. (mai 1955), vol. 102, n° 5, p. 164-165, 7 fig. — Description d'un garage pouvant contenir cinq cent-quarante-deux automobiles construit à Salt Lake City. Poteaux en béton précontraint. Les planchers des cinq étages ont été réalisés en commençant par l'étage le plus élevé, le même coffrage étant utilisé pour chaque plancher au fur et à mesure de la construction. — E. 36277. CDU 725.38.

145-91. Intégration architecturale des techniques de construction utilisant des dalles de grandes dimensions coulées sur place et mises en place à l'aide d'appareils de levage (Architectural integration of lift-slab techniques). SMITH (E. M.); J. A. C. I., U. S. A. (sep. 1955),

vol. 27, n° 1, p. 35-45, 6 fig. — Avantages et inconvénients du procédé dans la construction moderne, perspectives d'avenir. — E. 38575. CDU 69.001.5.

146-91. Tendances américaines dans la technique de construction des bâtiments (A forward look at building construction). COUSE (W. L.); Civ. Engng., U. S. A. (oct. 1955), vol. 25, n° 10, p. 74-79, 10 fig. — Aperçu d'ensemble : mécanisation des chantiers, emploi d'éléments préfabriqués en béton, murs et cloisons de construction légère. — E. 38674. CDU 69.001.5.

## Dof ORGANISATION DE CHANTIERS

147-91. Organisation des chantiers et mise en service de l'équipement mécanique au barrage de Jochenstein sur le Danube (Baustelleneinrichtung und Maschineneinsatz auf der Grossbaustelle Jochenstein). KNOF (F.); Baumaschine Bautech., All. (sep. 1955), n° 9, p. 257-264, 20 fig. (résumé anglais, français). — Description de l'équipement des chantiers et du poste de bétonnage en forme de tour Johnson. — E. 38327. CDU 69.05 : 627.8.

148-91. Installations électriques provisoires sur chantier de construction (Midlertidige el-installationer paa byggepladser). THORSEN (J.); Stat. Byggeforskningsinst., Danm. (1955) Saertryk n° 57, 7 p., 2 fig. — (Tiré de : Elektrikeren, 1955, n° 6). — Directives de l'Institut danois du Bâtiment sur la mécanisation des chantiers de construction, la fourniture d'énergie électrique, la pose des canalisations provisoires. — E. 38220. CDU 69.055.

■ 149-91. L'hygiène et la sécurité dans l'emploi des benzols. RAYMOND (V.), VALLAUD (A.), SALMON (P.); Edit. : Inst. Nation. Sécur., Fr. (1955), 1 vol., 104 p., 24 fig., 4 fig. h.-t., 23 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1636 au chapitre II « Bibliographie ». — E. 38155. CDU 331.822.

## F. — LES OUVRAGES

## Fab . ÉCHAFAUDAGES

## ÉTAIEMENTS. BOISAGES.

150-91. L'étanchéité des cuvelages et des murs de cave. DOUY (F.), CLARET (E.), Bâtit, Fr. (oct. 1955), n° 52, p. 24-26, 2 fig. — E. 38668. CDU 699.82.

## Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

■ 151-91. Tables pour le dimensionnement d'éléments en béton armé de section rectangulaire avec armatures en acier Tor (Tabellen zur Bemessung von Eisenbeton-rechteckquerschnitten mit Torstahl-Armierung). Edit. : Aktiengesellschaft der von Moos'chen Eisenwerke, Lucerne, Suisse (juin 1955), 1 vol., 36 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1648 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37381. CDU 693.55.

## Fac j Ossatures. Pilier. Colonnes.

152-91. Procédé général de calcul des éléments porteurs à liaison élastique (Ein allgemeines Berechnungsverfahren für Tragwerke mit elastischem Verbund). SATTLER (K.); Edit. : Stahlbau-Verlags, GmbH, Ebertplatz 1, Cologne, All. (1955), Veröffentlichungen des Deutschen Stahlbau-Verbandes n° 8, 1 vol., 53 p., 42 fig., 8 réf. bibl. — Exposé d'une méthode

simple permettant, avec les procédés habituellement utilisés dans la statique des constructions, le calcul de systèmes isostatiques et hyperstatiques quelconques réalisés avec des poutres mixtes à liaison élastique entre la dalle de béton et la poutre en acier. — E. 37418. CDU 624.042.

153-91. Projet de code des conditions minima de mise en œuvre des foyers et des conduits divers. Ann. I. T. B. T. P., Fr. (oct. 1955), n° 94, suppl. aux Annales, 36 p., 40 fig. — Généralités et terminologie; classification des foyers et des conduits; construction des conduits d'évacuation en ce qui concerne les règles générales communes et les règles particulières relatives aux conduits de types et de matériaux divers. Règles applicables aux conduits d'air chaud, aux conduits de ventilation, à l'installation des foyers, à l'entretien des conduits de fumée, aux sorties de toit et à l'accès aux souffles. — E. 37120. CDU 697.

## Fac l Poutres. Dalles. Planchers.

■ 154-91. Manuel technique sur le procédé de construction « Youtz-Slick » (Engineering manual. The « Youtz-Slick » method of construction). U. S. Lift Slab corporat., U. S. A (1955), 1 vol., 140 p., fig. — Voir analyse détaillée B. 1642 auchapitre III « Bibliographie ». — E. 37419. CDU 69.056 : 693.5.

155-91. Dalles reposant sur appuis sur deux et sur trois côtés (Drei-und zweiseitig gelagerte Platten). FUCHSSTEINER (W.); Beton-Stahlbetonbau, All. (sep. 1955), n° 9, p. 240-244, 9 fig., 6 réf. bibl. — Étude théorique sur les moments de torsion. — E. 38130. CDU 624.023 : 73.122/123.

156-91. Dalles rectangulaires à armatures croisées avec charge hydrostatique d'après la théorie de la plasticité (Kreuzweise bewehrte rechteckige Platten mit hydrostatischer Belastung nach der Plastizitätstheorie). CRAEMER (H.); Oesterr. Bauz., Antr. (août-sept. 1955), n° 8-9, p. 167-170, 10 fig., 1 réf. bibl. — E. 38032. CDU 624.044.

157-91. Expériences réalisées avec des planchers en briques armées. Essais préliminaires de poutrelles isolées à appui libre (Esperienze su solai in laterizio armato. Prove preliminari su travetti isolati appoggiati). CATRONI (M.); G. Genio civ., Ital. (juil.-août 1955), n° 7-8, p. 431-450, 51 fig. — E. 38342. CDU 69.025.

## Fac m Toitures. Voûtes. Dômes.

## Coupoles. Arcs.

158-91. Les sous-toitures en bois ou en agglomérés de bois. BROCHARD; CEGOS, Fr. (18 mars 1955), Sect. E : (Entretien Equipment, Trav. neufs), E. 87.14 p. — Rappel de notions

d'isolation thermique et d'isolation phonique. Valeur relative des différents matériaux de sous-toitures. Qualités du bois pour l'utilisation en sous-toiture. Mise en œuvre. Utilisation de panneaux en contreplaqué, de panneaux de fibre de bois mous ou denses, de fibraglos, de béton de liège ou de sciure. — E. 38353. CDU 69.025.2.

## Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS

### Fad j Cloisons. Plafonds.

159-91. **Murs et cloisons en blocs et carreaux** (Walls and partitions of blocks and of slabs). *Counc. Codes Practice Build.*, G.-B. (1952), Brit. Stand. Code Pract. CP 122, Gen. ser., 109 p., 28 fig. (H. M. S. O., York House, Kingsway, Londres W. C. 2, G.-B.). Murs et cloisons en briques creuses, blocs de béton et de verre, carreaux de plâtre, plaques de fibre de bois, planches de plâtre. Etudes. Travaux. Visite et essais. Tableaux de dimensions, poids, qualités acoustiques et thermiques, résistance au feu pour les divers matériaux. — E. 37674. CDU 69.022.5.

160-91. **Essais de panneaux en fibres de bois. Essai de flexion** (Prüfung von Holzspanplatten. Biegeversuch). — *Deutschen Normenausschuss*, All. (jan. 1955), norme allemande DIN 52362, 2 p., 1 fig. — Eprouvettes. Disposition utilisée pour les essais. Exécution des essais. Courbe des flexions en fonction de l'effort. Présentation des résultats. — E. 35726. CDU 69.147.

### Fad l Menuiseries.

161-90. **Fenêtres et ventilation** (Ikkunat ja ilmanvaihto). TUOMOLA (T.); *Valtion Tek. Tutkimuslaitos*, Finl. (1955), Tiedotus n° 141, 27 p., 9 fig. (résumé suédois, anglais). — Evaluation de la quantité d'air frais nécessaire dans les locaux d'habitation, les salles de classe, déperdition de chaleur causée par les fenêtres, avantages de la fenêtre à triple paroi. — E. 36822. CDU 69.028.2.

## Feb HABITATIONS

### Feb j Pièces d'habitation.

162-91. **Normalisation des plans de maisons d'habitation individuelles et d'immeubles à étages** (Standaard-plattegronden en eengezinshuizen en etagewoningen). VAN DE STUDIEGROEP; Bouw, Pays-Bas (18 juin 1955), n° 25, p. 482-516, nombr. fig. — Texte du rapport d'une commission technique instituée aux Pays-Bas pour l'étude de la normalisation en matière de construction de logements. — E. 36786. CDU 389.6.

### Feb l Habitations individuelles.

163-91. **Connaissez votre maison** (Know your house). AMBROSE (E.); Edit. : Thames and Hudson, G.-B. (1954), 1 vol., 264 p., fig., 10. fig. h.-t. — Voir analyse détaillée B. 1645 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 36986. CDU 728.2.

164-91. **Progrès réalisés dans la construction des maisons d'habitation à loyer modéré** (Il progresso nella costruzione della casa economica). VINACCIA (G.); Edit. : Vitali e Chianda, Ital. (1955), 1 vol., 104 p., 116 fig., réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1659 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37680. CDU 728.2.

165-91. **L'habitat rural en Inde** (Rural housing in India). Bull. Central Build. Res.

vi + 78 p., 4 fig., 11 fig. h.-t., 28 réf. bibl. — Renseignements recueillis à la suite d'un questionnaire destiné à dégager les principes fondamentaux de la technique de construction d'habitats ruraux en Inde. Emploi de matériaux de construction peu coûteux trouvés sur place, mise au point de procédés de construction simples. Influence du climat. — E. 38492. CDU 69.001.5. (540).

## Fec BATIMENTS CULTURELS

166-91. **Centre hospitalier régional de Nantes (Fr.)**. FRANÇOIS (H.); *Acier*, Fr. (sep. 1955), n° 9, p. 337-344, 10 fig. — Etude du projet et de l'avancement des travaux. Fondations sur pieux préfabriqués en béton. Ossature du bâtiment constituée par une charpente métallique portante. — E. 38197. CDU 725.5.

167-91. **La reconstruction de la grande tribune de pesage à l'Hippodrome de Saint-Cloud**. *Acier*, Fr. (sep. 1955), n° 9, p. 352-356, 10 fig. — Tribune à ossature métallique d'une longueur totale de 76 m. Auvent de 18 m de profondeur. — E. 38197. CDU 725.8.

## Fed OUVRAGES D'UTILITÉ PUBLIQUE

### Fed la Alimentation en eau.

168-91. **Principes du traitement des eaux usées industrielles** (Principles of industrial waste treatment). GURNHAM (C. F.); Edit. : John Wiley and Sons, Inc., U. S. A. (1955), 1 vol., xii + 399 p., 60 fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1638 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37905. CDU 628.3.

169-91. **Les réseaux d'égouts. II. L'épuration des eaux usées** (Kanalisation. II. Die Abwasserréinigung). DEMIDOW (L. G.), SCHICORIN (G. G.); Edit. : Fachbuchverlag GmbH, All. (1955), 1 vol., 332 p., 201 fig., 9 fig. h.-t., 64 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1653 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37927. CDU 628.3.

170-91. **La technique du traitement des eaux atteint un haut degré de perfectionnement** (aux U. S. A.) (Water treatment reaches high stage of development). HOWSON (L. R.); Civ. Engng, U. S. A. (oct. 1955), vol. 25, n° 10, p. 104-109, 7 fig. — Aperçu sur l'évolution de la technique et sur les procédés modernes d'épuration des eaux destinées à la consommation domestique. — E. 38674. CDU 628.16.

171-91. **Les adductions d'eau** (Water supply). *Counc. Codes Practice Build.*, G.-B. (1952), Brit. Stand. Code Pract. CP 310, Gen. ser., 69 p., 9 fig. — (H. M. S. O., York House, Kingsway, Londres W. C. 2, G.-B.). — Matériaux, installations et appareils. Provenances diverses et caractéristiques de l'eau utilisée pour les besoins domestiques, traitements divers, transport, canalisations, réservoirs. Assemblage des tuyauteries, entretien. — E. 37675. CDU 628.14.

172-91. **Installations d'adduction d'eau. Installations de canalisations d'eau dans les propriétés. Dispositions techniques pour la construction et l'utilisation** (Wassererversorgungsanlagen. Wasserleitungsanlagen in Grundstücken. Technische Bestimmungen für Bau und Betrieb). *Deutschen Normenausschuss*, All. (mars 1955), norme allemande DIN 1988, 14 pp., 15 fig. — Disposition et pose des installations de canalisations. Exécution des installations. Installations de distribution d'eau chaude. Protection de l'eau dans les canalisations. Protection contre Inst. Roorkee, Inde (oct. 1954), vol. 2, n° 3, les bruits dans les conduites. Raccordements

de paratonnerres et de prises de terre. Remplissage et essai des installations de canalisations. Service des installations. — E. 37174. CDU 696.11.

173-91. **L'électropompe à la campagne**. CHAUMIER (P.); Soc. Dévelop. Appliq. Electricité, Fr. (sep. 1955), 24 p., 19 fig. — Etude de l'adduction d'eau individuelle par électropompe. Calcul du prix de revient de l'installation. Equipement des points d'eau. Caractéristiques des pompes de surface et des pompes de puits profond. Protection et entretien. — E. 38642. CDU 628.12.

### Fed m Hygiène publique.

174-91. **Fosses septiques**. Directives pour l'application, le dimensionnement, l'exécution et le fonctionnement (Kleinkläranlagen. Richtlinien für Anwendung, Bemessung, Ausführung und Betrieb). *Deutschen Normenausschusses*, All. (oct. 1954), norme allemande DIN 4261, 8 p., 9 fig. — Choix du procédé d'épuration suivant les conditions locales. Disposition générale de la fosse septique. Construction. Dimensionnement. Dispositifs d'épuration. Marche et entretien. — E. 35719. CDU 628.35.

175-91. **Epuration des eaux usées par lits bactériens. I**. PEETERMANS (R.); *Tech. Eau*, Belg. (15 jan. 1955), n° 97, p. 27-28. — E. 34093. CDU 628.35.

176-91. **Egout collecteur de grand diamètre de Colne Valley à Huddersfield** (G.-B.). (A large diameter trunk sewer Colne Valley, Huddersfield). MORRIS (H. W.), BUTTLER (G.); *J. Instn munic. Engrs*, G.-B. (oct. 1955), vol. 82, n° 4, p. 141-158, 12 fig. — E. 38639. CDU 628.2.

177-91. **Construction d'égouts**. Règlement pour les adjudications de travaux de construction. Partie C: Dispositions techniques générales (VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen. Teil C: Allgemeine technische Vorschriften. Abwasserkanalarbeiten). — *Deutschen Normenausschusses*, All. (juil. 1955), norme allemande DIN 18306, (remplace la DIN 4135), 4 p. — Généralités. Matériaux. Mesures de sécurité, fouilles, pose des tuyaux. Prestations accessoires. Mété. — E. 37182. CDU 628.2.

## Fib OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX

### Fib ja Mines et carrières.

178-91. **Dix carrières mécanisées par STEM**. Edit. : SODETEC, Fr. (1955), 43 p., 68 fig., 1 fig. h.-t. — Résultats de l'expérience des dix dernières années en matière de mécanisation de carrières. Description des installations et de l'équipement. — E. 38530. CDU 622.

### Fib je Industrie.

179-91. **Travaux présentés par les membres de la Commission générale d'Études pour l'Aménagement et la Construction de Locaux à Usage industriel au Cinquième Congrès Technique National de Sécurité et d'Hygiène du Travail à Strasbourg (13-16 octobre 1954)**. Ann. I.T.B.T.P., Fr. (nov. 1955), n° 95, suppl. aux Annales, 136 p., 93 fig. — Les différents exposés qui se rapportent aux problèmes posés par l'implantation des usines, l'aménagement des ateliers et les conditions à satisfaire pour assurer la sécurité et le confort des ouvriers, montrent la nécessité de charger un organisme qualifié d'entreprendre des études systématiques afin d'améliorer les conditions de travail en usine pour augmenter la productivité, source de richesse d'un pays. — E. 39027. CDU 725.4.

180-91. Les nouvelles usines à tôles minces et à fer blanc d'Ymuiden (Pays-Bas). VAN WALRAVEN (A. J.); *Acier*, Fr. (sep. 1955), n° 9, p. 345-351, 10 fig., (Tiré de : *Ingenieur*). — Description des travaux de fondations et de la charpente métallique. — E. 38197. CDU 725.4.

## Fib 1 Dépôts de marchandises. Marchés.

181-91. Revêtements organiques applicables au stockage des combustibles liquides (Organic coatings adaptable to fuel storage). COWLING (J. E.); EGGERT (I. J.); ALEXANDER (A. L.); Tiré à part de : *Industr. Engng Chem.*, U. S. A. (sep. 1954), vol. 46, n° 9, p. 1977-1985, 23 fig., 10 réf. bibl. — Comportement des réservoirs en béton et en acier avec revêtements organiques. Exposés des études entreprises après la guerre aux U. S. A. en vue de la mise au point de nouveaux revêtements améliorés. Description des expériences, résultats enregistrés. — E. 36711. CDU 621.642.

## Fib n Production d'énergie. Barrages.

182-91. Exploitation des installations de production d'énergie (Power plant management). EMERICK (R. H.); Edit. : McGraw-Hill Book Cy, G.-B. (1955), 1 vol., xi + 339 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1643 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37838. CDU 621.311.22.

183-91. Développement des installations hydroélectriques sur la rivière Angerman (Suède). I. II. III. (Developments in the Angerman catchment). *Water Power*, G.-B. (juin 1955), vol. 7, n° 6, p. 202-213, 19 fig.; (juil. 1955), n° 7, p. 247-253, 9 fig.; (août 1955), n° 8, p. 292-300, 17 fig. — Étude du programme de construction de la centrale de Kilforsen. Description des travaux. Description de l'équipement mécanique et électrique de la centrale de Kilforsen. — E. 36417, 37101, 37489. CDU 627.84 (485).

184-91. L'aménagement mixte de Montélimar sur le secteur médian du bas Rhône I. II. III. IV. HENRY (M.); *Travaux*, Fr. (août 1955), n° 250, p. 653-666, 10 fig., 1 réf. bibl.; (sep. 1955), n° 251, p. 723-737, 27 fig.; (oct. 1955), n° 252, p. 757-771, 21 fig.; (nov. 1955), n° 253, p. 799-803, 13 fig. — Description du barrage de Rochemaure, du canal de dérivation : tracé, caractéristiques des digues. Aménagement du Roubion, rétablissement de la nappe phréatique, descriptions des groupes hydroélectriques. — E. 37584, 37960, 38331, 38779. CDU 627.8.

185-91. Les travaux d'aménagement de la chute de Montélimar, sur le Rhône par la Compagnie Nationale du Rhône. Grès (G.); *Gén.*, Fr. (1<sup>er</sup> oct. 1955), t. 132, n° 19, p. 361-367, 14 fig. — E. 38421. CDU 627.8.

186-91. Résultats principaux de l'étude sur modèle réduit des ouvrages de prise et de retenue de la chute de Montélimar. CHABERT (J.); *Houille blanche*, Fr. (juil. 1955), n° 3, p. 369-391 35 fig. — Description d'ensemble de la chute de Montélimar sur le Rhône. Caractéristiques du barrage de retenue et des ouvrages de prise. Les vérifications faites sur le chantier ont confirmé la validité du modèle réduit au 1/60 utilisé pour les études. — E. 38263. CDU 627.8.

187-91. Les problèmes de l'écoulement de la chaleur et l'ingénieur constructeur (Wärmeträumungsproblem des Bauingenieurs). BERTSCHINGER (H.); *Schweiz. Archiv.*, Suisse (sep. 1955), n° 9, p. 273-289, 10 fig. — Méthode de calcul de la répartition des températures et de

l'écoulement de la chaleur à l'intérieur des objets solides sur les grands chantiers de construction hydroélectriques. Etude du refroidissement lors de la construction d'un grand barrage en béton et de galeries souterraines. — E. 38326. CDU 536.25 : 624.11.

188-91. Barrages en rivière (Wehrbauten). SCHNITTER (G.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (15 oct. 1955), n° 42, p. 610-617, 15 fig. — Étude générale sur les caractéristiques essentielles de ces ouvrages. Procédés de construction utilisés dans les barrages de réalisation récente. — E. 38646. CDU 627.4.

189-91. Emploi de la télévision pour examiner le lit de la rivière Colombia en vue de l'étude du barrage de Dalles (Television goes underwater to check bottom for the Dalles dam closure design). POPE (R. J.); *West. Constr.*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 30, n° 9, p. 39-40, 3 fig. — Immersion de la caméra de télévision logée dans une enveloppe étanche à l'eau. Description de l'installation et résultats obtenus. — E. 38536. CDU 624.131.3.

190-91. L'évolution dans la construction des grands barrages. Quelques considérations fondamentales (Entwicklung in der Gestaltung von Talsperren. Einige grundlegende Gesichtspunkte). SEMENZA (C.); *Bautechnik*, All. (oct. 1955), n° 10, p. 321-325, 9 fig. — Etat actuel de la technique, comparaison du barrage-poids et du barrage-voute, problèmes posés par les crues, étude des évacuateurs de crue à la lumière de quelques réalisations italiennes. — E. 38596. CDU 627.810.

191-91. Contraintes dans une digue à profil triangulaire symétrique en enrochements ou en matériau pulvérulent. I. II. (fin). GALERY (L.); *Travaux*, Fr. (sep. 1955), n° 251, p. 738-742, 14 fig., 1 réf. bibl.; (oct. 1955), n° 252, p. 775-778, 12 fig. — E. 37960, 38331. CDU 627.5.

192-91. Le nouveau tronc commun du péri-mètre irrigable d'Oued-Fodda. I. II. PIGEOT (R.); JARNIAC (R.); *Terres-Eaux*, Algérie (oct.-nov.-déc. 1954), n° 23, p. 4-22, 16 fig., 1 fig. h. t.; (jan.-fév.-mars 1955), n° 24, p. 2-13, 12 fig. — Étude de l'ouvrage adducteur des eaux du Chellif vers la zone d'irrigation d'Orléansville. Fabrication, pose et essais des conduites monolithes en béton précontraint, système Freyssinet. Description des tuyaux, réglage et pose des éléments de conduite, contrôles et essais, installations de chantier. — E. 36223, 37993. CDU 626.81.

193-91. Recherches sur la cause des avaries survenues au barrage en béton de Keokuk (U.S.A.) construit il y a 40 ans (Concrete damage to 40-year-old Keokuk dam investigated). SCHAKE (E.); SHELTON (R.); *Civ. Engng*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 25, n° 9, p. 50-54, 8 fig. — Caractéristiques du béton utilisé, étude des causes des fissurations observées, action du gel et du dégel. Recommandations. — E. 38561. CDU 627.8.

194-91. Les centrales hydroélectriques norvégiennes (Norske Kraftverker). Edit. : Teknisk Ukeblads Forlag, Norvège (1954), 1 vol., 440 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 1661 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 36946. CDU 621.311.21 (481).

195-91. Considérations sur la protection anticorrosive des constructions métalliques dans le secteur hydroélectrique. COLOMB (P.); *Tech. Eau*, Belg. (15 oct. 1955), n° 106, p. 31-39, 11 fig., (Tiré de : *Industr. Vernici*, Ital.) — E. 38640. CDU 620.197.

196-91. La centrale hydroélectrique souterraine de l'Ahrzerouftis. FEGER; *Rev. Génie milit.*, Fr. (juil.-août 1955), t. 88, p. 280-296, 9 fig., 11 réf. bibl. — Description détaillée de cette centrale, qui constitue l'élément le plus important de l'aménagement de l'Oued Argioun. E. 38570. CDU 624.311.21.

197-91. L'ossature métallique de la centrale de Creil-Saint-Leu. BESNARD (J.); *Acier*, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 399-404, 14 fig. — Description générale de la centrale thermique située sur les bords de l'Oise à Saint-Leu-d'Esserent. Caractéristiques de construction des bâtiments, base des calculs. — E. 38500. CDU 621.311.22.

## Fid VOIES DE COMMUNICATION

### Fid ja Routes.

198-91. Calcul rapide des aires des profils en travers des routes (Calcolo rapido delle aree delle sezioni stradali). TESORIERE (G.); Edit. : Vitali e Chianda; Ital. (mai 1955), 1 vol., 74 p., 37 fig., 11 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 1660 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 37681. CDU 624.132.

199-91. La route dans les territoires d'Outre-mer. — *Tech. mod. Constr.* Fr. (sep. 1955), t. 10, n° 9, numéro spécial. — P. ARMENGaud : Modernisation des réseaux routiers dans les territoires d'Outre-mer, p. 309-315, 3 fig. — Procédés de lutte contre la tôle ondulée des routes en terre et pistes latéritiques en Afrique Noire, p. 316-320, 5 fig. — C. BRISSON : Le fonds routier de l'A. O. F. après trois ans de fonctionnement, p. 321-324, 4 fig. — M. SERPETTE : La rentabilité comparée des routes en pays tropical sec, p. 324-326, 3 fig. — Les laboratoires de sols d'A. O. F. — Quelques problèmes de sols dans la région de Dakar, p. 327-330, 6 fig. — C. CANS : L'entretien mécanique des routes en terre dans les pays tropicaux à longue saison sèche type Sénégal, p. 331-340, 3 fig., 5 réf. bibl. — J. ATTALI : L'entretien des routes en terre en Basse Côte d'Ivoire : p. 341-344, 1 fig. — J. ROUSSEL, M. GERARD, M. GIROUD : La route soudanaise 1953-1955 Bamako-Ségou, évolution technique, p. 345-353, 25 fig. — J. JAOUEN : Construction de la route Togo-Nigeria, p. 353-357, 6 fig. — Chaussées en sols-ciment : p. 358-361, 7 fig. — C. CANS : Les chaussées en tout venants latéritiques revêtus d'un tapis bitumineux mince, p. 362-369, 3 fig., 5 réf. bibl. — J. FREJACQUES, A. REMILLON : Stabilisation des couches de roulement et utilisation des matériaux d'apport en A. E. F., p. 373-381, 15 fig. — J. GUICHARD : Construction de la route Brazzaville-Kinkala, p. 381-388, 5 fig. — J. FREJACQUES, A. REMILLON : Deux expériences de chaussées en sol-bitume, p. 388-392, 11 fig. — F. GODACCIONI, R. DELAPAYE, G. CAUSSAT : p. 408-421, 20 fig. — B. PEROL : La route Bonabéri-Loum : p. 422-424, 5 fig. — Le projet de fonds d'investissement routier de Madagascar, p. 452-429, 9 fig. — J. SOUCROT : Exécution d'un chantier d'enrobés denses en Côte d'Ivoire, p. 371-372, 2 fig. — J.-J. THAREL : Route Tananarive-Majunga ; étude de certaines déviations et de leur rentabilité : p. 430-436, 5 fig. — E. 38217. CDU 625.7. (691).

200-91. Cours élémentaire de routes. DUBET (G.); Edit. : Eyrolles, Fr. (1955), 1 vol., 200 p., nombr. fig., 2 pl. h. t. — Voir analyse détaillée B. 1634 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 38048. CDU 625.7.

201-91. Agenda « Elsner » pour la construction des routes (Elsner Taschen-Jahrbuch für den Strassenbau 1955). Edit. : Otto Elsner Verlagsgesellschaft, All. (1955), 1 vol., 512 p., 218 fig. — Voir analyse détaillée B. 1658 au chapitre III « Bibliographie » — E. 36549. CDU 625.7.

**202-91. Les journées de l'Association Technique de la Route, Clermont-Ferrand-Royat, 28-29 juin 1955.** — *Travaux*, Fr. (sep. 1955), n° 251, p. 745-750. — H. J. C. de DECKER : Emploi du caoutchouc en poudre dans l'asphalte. — ARIANO : Recherches italiennes sur les mélanges bitume-caoutchouc et considérations sur les applications routières de ces mélanges. — BUGEON : Chantiers expérimentaux à base de bitume-caoutchouc réalisés en France depuis 1950. — PELTIER : Choix des matériaux routiers. — C. PRAT : Quelques aspects de l'évolution des liants bitumineux depuis la guerre. — R. IRION : Emplois des goudrons en imprégnation. — E. 37960. CDU 625.7.

**203-91. Routes à revêtement en béton pré-contraint (Prestressed concrete roads).** STOTT (J. P.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (oct. 1955), Part II : Engng Div., vol. 4, n° 3, p. 491-538, 11 fig., 8 fig. h.-t., 18 réf. bibl. — Étude des avantages et des inconvénients de la précontrainte, comportement de routes en béton pré-contraint, prix de revient. Discussion. — E. 38538. CDU 625.84.

**204-91. Caractéristiques et mode d'action des liants spéciaux à base d'émulsions et de solvants (Eigenschaften und Wirkungsweise von Spezialbindemitteln auf Emulsions-und Lösungsmittelbasis).** BIERHALTER (W.); *Bitumen*, All. (août 1955), n° 6, p. 125-131, 7 fig., 3 réf. bibl. — Étude des émulsions bitumineuses spéciales utilisées en Allemagne. Caractéristiques du bitume à froid. — E. 38195. CDU 625.8.06.

**205-91. Les campagnes d'enrobé à chaud 1953-1954 dans le Morbihan.** BERTIN (P.); *Rev. gén. Routes Aérod.*, Fr. (oct. 1955), n° 285, p. 70-74, 77-84, 87, 20 fig. — Raison du choix de l'enrobé à chaud, étude du prix de revient. Préparation des campagnes, matériel employé. Perspectives d'avenir. — E. 38589. CDU 625.85.

**206-91. Comparaison des procédés de tamisage par voie sèche et par voie humide de mélanges d'agrégrats et de fillers utilisés pour les revêtements routiers bitumineux (A comparison of dry and wet sieving of mixed aggregates and fillers used in bituminous mixtures).** GOUGH (C. M.); *Roads Road Constr.*, G.-B. (sep. 1955), vol. 33, n° 393, p. 282-288, 12 fig., 3 réf. bibl. — E. 38198. CDU 625.8.07.

**207-91. Spécifications concernant les matériaux de scellement pour joints de revêtements en béton. I : Produits pour joints routiers.** Centre Rech. Routières, Belg. (31 mai 1955), 14 p., en français, 6 fig., 14 p. en flamand. — (Tiré du : « Bull. Ass. Perm. Congrès Belges Routes », 1955, n° 29, p. 85-98). — Recommandations du Comité technique des bitumes. Spécifications pour les produits routiers. Prélèvement, présentation et fusion des échantillons. Description des essais de cohésion, d'adhérence au béton, d'écoulement vertical, de sédimentation des charges, de poinçonnement. — E. 37951. CDU 625.84.

**208-91. Emploi d'un procédé utilisant les vibrations pour mesurer « in situ » l'épaisseur des dalles en béton de revêtements routiers (A vibration method for measuring the thickness of concrete road slabs in situ).** JONES (R.); *Magaz. Concr. Res.*, G.-B. (juil. 1955), vol. 7, n° 20, p. 97-102, 4 fig., 6 réf. bibl. — Description d'un procédé expérimenté sur des routes en béton en Grande-Bretagne. — E. 38681. CDU 625.84.

**209-91. Détermination des causes de la fissuration du revêtement d'une autoroute construite en 1935 (Aufklärung der Rissbildung an einer im Jahre 1936 gebauten Autobahnstrecke).** WALZ (K.); *Zement-Kalk-Gips*, All. (sep. 1955), n° 9, p. 308-315, 10 fig., 7 réf. bibl., (résumé anglais, français). — Enquête sur les fissurations du revêtement en béton survenues sur une section de l'autoroute Halle-Leipzig environ

sept mois après la mise en service. Caractéristiques des matériaux utilisés, résultats d'essais de spécimens de béton prélevés dans le revêtement. Conclusions. — E. 38473. CDU 625.84.

**210-91. Essai en laboratoire de matériaux destinés à obturer les fissures dans les revêtements routiers en béton bitumineux (Laboratory testing of materials for sealing cracks in bituminous concrete pavements).** TONS (E.); ROGGEVEEN (V. J.); *Highw. Res. Abstr.*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 25, n° 8, p. 19-48, 13 fig., 8 réf. bibl. — Compte rendu d'essais exécutés aux U. S. A. — E. 38686. CDU 625.84.

**211-91. Essais de revêtements routiers bitumineux comportant des produits d'addition anti-dérapants effectués à Aneby (Suède) en 1952.** (Hybelplanningsförsök med vidhäftningsmedel vid Aneby 1952). ERIKSSON (R.); *Stat. Väginst.*, Suède (1954), Meddel. n° 86, 37 p., 28 fig., (résumé anglais). — Caractéristiques de la section expérimentale, équipement de chantier, agrégats, liants. Caractéristiques des produits d'addition « Storamin » et « Stearimin ». Considérations et résultats. — E. 35179. CDU 625.85.

**212-91. Problèmes posés par la construction des autoroutes avec sections en tunnel (Problemlösungen der Unterflaster-Autostrasse).** KRESS (H. H.); *Bautechnik*, All. (oct. 1955), n° 10, p. 338-342, 12 fig., 6 réf. bibl. — Voies d'accès, ventilation, prix de revient. — E. 38596. CDU 625.7.

#### Fid ji      Voies ferrées.

**213-91. La construction de passages inférieurs en béton armé dans les chemins de fer. I. II. III. IV.** (Het maken van onderdoorgangen in gewapend beton in spoorbanen t. b. v. verkeerswegen). HEERINGA (A.); VRIES (S. W. de); *Polytech. t.*, Pays-Bas (7 juil. 1955), n° 27-28, p. 470b-474b, 10 fig.; (21 juil.), n° 29-30, p. 508b-512b, 12 fig.; (4 août), n° 31-32, p. 555b-560b, 10 fig.; (18 août), n° 33-34, p. 595b-598b, 7 fig. — Description d'un nouveau procédé permettant une construction plus rapide et meilleur marché. — E. 37218, 37458, 37648, 37871. CDU 624.196.3 : 625.4.

#### Fid 1      Voies maritimes.

**214-91. Emploi du béton armé dans la reconstruction du port de Hambourg (Stahlbeton beim Wiederaufbau des Hafens Hamburg).** MÜHLRADT (F.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (sep. 1955), n° 9, p. 227-233, 20 fig. — Hangars, murs de quai, appontements — E. 38130. CDU 69.059 : 624.012.4 : 626.6 : 725.34. (435.15).

**215-91. Compte rendu des travaux du Dix-huitième Congrès de Navigation, Rome 1953.** — Ass. Internation. Perm. Congrès Navigation, Ital. (1954), xcvi + 450 p., 3 fig. h.-t. (en français). — Section I : Navigation intérieure. Cours d'eau à fortes crues et à grandes dénivellations : prévision des crues, construction d'écluses et de barrages sans dérivation provisoire, raccordement avec un canal. Ports de navigation intérieure : emplacement, orientation, dimensions. Répartition du débit solide d'un cours d'eau se divisant en plusieurs bras naturels ou artificiels. Communications diverses : Rapports entre la forme de la section transversale, le système de revêtement, la répartition des vitesses de l'eau et la résistance à l'avancement des bateaux. Signalisation des voies navigables intérieures. Capacité et dimensions des écluses. Section II : Navigation maritime. Nouvelles conceptions sur les digues à parois verticales et sur les ouvrages en talus. Efforts développés par les navires dans leurs manœuvres d'accostage. Lutte contre les attaques que subissent les divers matériaux constituants, notamment les

portes inférieures des ouvrages d'accostage à grande profondeur. Nouvelles conceptions dans la disposition des terre-pleins des ports et leur équipement. Pénétration des eaux salées dans les fleuves à marée et leurs affluents, dans les canaux maritimes et les ports. Procédés de dragage. Pollution dans les ports. — E. 36851. CDU 626.1 : 627.1/6.

**216-91. Nouvelles observations sur les ouvrages de défense des côtes.** ROUVILLE (A. de); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (sep-oct. 1955), n° 5, p. 549-582, 9 fig. — Comparaison des types de défense des côtes des bas-pays du nord-ouest de l'Europe avec ceux pratiqués en France. Qualités et défauts de ces derniers du point de vue de leur conception générale et des matériaux employés. — E. 38610. CDU 627.24.

#### Fid p      Voies aériennes.

**217-91. Extension de la piste d'envol à l'aérodrome de la Royal Navy à Belfast (Extension of the runway at R. N. air station, Belfast).** GREENAWAY (L. R.); CALLAGAN (J.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (oct. 1955), Part II : Engng Div., vol. 4, n° 3, p. 539-571, 12 fig., 6 fig. h.-t. — Description de la piste d'envol dont le revêtement a été prévu pour les avions du type Comet. Problèmes de consolidation du sol, chantier de bétonnage, essais de résistance du béton. Discussion. — E. 38538. CDU 629.139.

#### Fif      OUVRAGES D'ART

##### Fif j      Souterrains.

**218-91. Étude générale des problèmes posés à propos de la protection des installations par la climatisation des ambiances souterraines. I. II. III. IV. (fin).** ROUVILLE (M. de); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mars-avr. 1955), n° 2, p. 221-239, 11 fig. — (mai-juin 1955), n° 3, p. 345-375, 14 fig., 3 réf. bibl. — (juil-août 1955), n° 4, p. 439-482, 20 fig. (sep.-oct. 1955), n° 5, p. 583-629, 11 fig., 2 fig. h.-t. — Problème du conditionnement de l'air dans les installations militaires souterraines, expériences faites à la suite des réalisations de la Marine nationale à la base navale de Brest. — E. 35652, 36685, 37744, 38610. CDU 699.85.

**219-91. Activité de la Deutsche Bundesbahn dans le domaine des ponts et des ouvrages de génie civil au cours de l'année 1954. I. II. III. IV. (fin).** ROUVILLE (M. de); *Ann. Ponts Chauss.*, Fr. (mars-avr. 1955), n° 2, p. 221-239, 11 fig. — (mai-juin 1955), n° 3, p. 345-375, 14 fig., 3 réf. bibl. — (juil-août 1955), n° 4, p. 439-482, 20 fig. (sep.-oct. 1955), n° 5, p. 583-629, 11 fig., 2 fig. h.-t. — Problème du conditionnement de l'air dans les installations militaires souterraines, expériences faites à la suite des réalisations de la Marine nationale à la base navale de Brest. — E. 35652, 36685, 37744, 38610. CDU 699.85.

##### Fid 1      Soutènement.

**220-91. Le tunnel de Baltimore Harbor (Baltimore Harbor tunnel).** SINGSTAD (O.); *Civ. Engng*, U. S. A. (oct. 1955), vol. 25, n° 10, p. 80-85, 10 fig. — Tunnel routier sous l'eau à deux tubes jumelés. Emploi d'éléments préfabriqués de grande longueur en béton posés au fond d'une tranchée creusée dans le lit de la rivière. — E. 38674. CDU 624.2. (43).

##### Fif 1      Soutènement.

**221-91. Murs de soutènement de terres en maçonnerie cellulaire avec cadre de poutres à crochet.** Description des divers types. Calculs de stabilité. Aspect économique (Muri di sostegno dei terrapieni in muratura cellulare con intelaiatura di dilongarime a gancio. Tipi. Calcoli di stabilità. Convenienze economiche).

BONICELLI (G.); *G. Genio civ.*, Ital. (juil.-août 1955),

- n° 7-8, p. 451-466, 26 fig., 3 réf. bibl.** — Etude des murs de soutènement réalisés lors de travaux routiers. — E. 38342. CDU 69.022.2.

**222-91. Silo de type récent pour le stockage de sel de potasse (Neuartiger Rohsalztillo).** STARKE (J.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (oct. 1955), n° 10, p. 260-261, 10 fig., 1 réf. bibl. — Silo circulaire en béton armé d'une contenance de 2.000 t de sel de potasse construit à Sigmundshall (All). Etude statique, procédés de construction utilisés. — E. 38605. CDU 725.36 : 624.012.4.

**Fif m**

**Ponts.**

**223-91. Reconstruction de l'arche centrale du pont-aqueduc d'Argenteuil.** KLERLAIN (G.); *Travaux*, Fr. (oct. 1955), n° 252, p. 751-756, 17 fig. — Ouvrage destiné à permettre la traversée de la Seine aux conduites de refoulement des eaux d'égout vers les champs d'irrigation d'Achères. Trois arches métalliques à tablier supérieur de 67 à 70 m d'ouverture. — E. 38331. CDU 628.14.

**224-91. Les entrepreneurs ont soumis leurs propres plans pour l'exécution de travaux difficiles de réparation d'un pont (Bidders submitted own plans for difficult bridge repair jobs).** GOULD (J. H.); *Roads Streets*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 98, n° 9, p. 81-88, 14 fig. — Exposé des difficultés rencontrées pour la réparation du pont franchissant la rivière James (U. S. A.). Procédure utilisée pour les appels d'offres. Méthodes employées pour la remise en état des palées en béton armé. — E. 38498. CDU 624.21.059.

**225-91. Le développement récent de la construction des ponts au Japon.** TAKABEYA (F.); *Acer*, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 405-409, 14 fig. — Tendances actuelles dans le domaine de la construction métallique, description succincte de divers ouvrages, détails de construction. — E. 38500. CDU 624.2.014.

**226-91. Construction du pont Orban à Liège.** Acer, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 410-412, 7 fig. — Pont-route sur la Meuse à Liège. Le système portant est constitué par quatre poutres principales réalisées par soudure et d'une longueur de 83,95 m. — E. 38500. CDU 624.27.

**227-91. Les essais du nouveau pont de Vernon sur la Seine.** MATHIEU (H.); *Acer*, Fr. (oct. 1955), n° 10, p. 387-392, 9 fig. — Pont à poutres métalliques à trois travées continues de 57, 88,6 et 57 m. Description des épreuves, résultats des mesures. — E. 38500. CDU 624.2.014.

**228-91. Le rôle des haubans dans les ponts suspendus très rigides.** LOSSIER (H.) *Génie civ.*, Fr. (1er nov. 1955), t. 132, n° 21, p. 401-406, 19 fig., 1 réf. bibl. — Exposé d'une méthode de calcul, exemple d'application. — E. 38865. CDU 624.5 : 624.071.2.

**229-91. Pont de chemin de fer sur la Wägitaler Aa au km 41,110 de la ligne Zurich-Horgen-Ziegelbrücke des Chemins de fer fédéraux Suisses (Eisenbahnbrücke über die Wägitaler Aa km 41,100 der Strecke Zürich-Horgen-Ziegelbrücke der SBB).** SCHIBLER (W.), HOLENWEG (H.); *Stahlbau-Bericht*, Suisse (oct. 1955), n° 22, p. 1-16, 16 fig. — Pont à poutres biais de construction métallique de 38,2 m de portée. Emploi de l'acier St 37. Assemblage des éléments par soudure électrique. — E. 38585. CDU 624.2.(494).

**230-91. Enquête sur les ponts de chemin de fer à poutres pleines du type semi-continu (Some notes on the half-through type plate-girder railway bridge).** BERRIDGE (P. S. A.), EASTON (F. M.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (oct. 1955), Part II : Engng Div., vol. 4, n° 3, p. 601-651, 19 fig., 11 fig. h.-t., 14 réf. bibl. — Recherches sur le calcul des ponts métalliques des chemins de fer anglais. Répartition des contraintes entre les éléments du tablier eux-mêmes et entre ces éléments et les poutres principales. Effet de l'encastrement, emploi de boulons à haute résistance, procédés employés en usine pour la réalisation de poutres soudées. Calcul, réalisation et montage d'une travée avec poutres principales soudées et éléments du tablier en béton précontraint. Discussion. — E. 38538. CDU 624.2.014.25.

**231-91. Le pont de Hundersingen sur le Danube, arc en voiles minces à trois articulations en encorbellement (Donaubrücke Hundersingen, ein Dreigelenkscheibenbogen im Freivorbau).** BLATTMACHER (H.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (sep. 1955), n° 9, p. 237-240, 17 fig., 1 réf. bibl. — Pont en béton précontraint à travée unique de 45 m de portée. — E. 38130. CDU 624.6.012.46.

**232-91. Montage de la superstructure métallique du pont sur le Rhin entre Duisburg-Ruhrort et Homberg. I. II. III. (fin).** (Montage des Stahlüberbaues der Rheinbrücke zwischen Duisburg-Ruhrort und Homberg).

VOGEL (G.); *Stahlbau*, All. (juin 1955), n° 6, p. 122-128, 4 fig.; (juil. 1955), n° 7, p. 157-163, 10 fig.; (sep. 1955), n° 9, p. 207-212, 14 fig. — Description des opérations de montage du pont suspendu à trois travées de 128, 285, 5 et 128,4 m de portée. — E. 36739, 37307, 38098. CDU 624.21.012.2.057.4.

**233-91. Le canal Dortmund-Ems.** Ecluses. Ponts et ponts-canaux. Ponceaux (Der Dortmund-Ems-Kanal. Schleusen. Brücken und Kanalüberführungen. Däker und Durchlässe).

RÖHNISCH (A.); *V. D. I.*, All. (21 août 1955), vol. 97, n° 24, p. 833-837, 13 fig., 7 réf. bibl. — E. 38394. CDU 627.4. (43).

**234-91. Construction d'un deuxième pont sur le détroit de Carquinez, U. S. A.** (Progress in engineering materials marks design for second bridge at Carquinez strait).

DARBY (C. H.); *West Constr.*, U. S. A. (sep. 1955), vol. 30, n° 9, p. 35-36, 38, 3 fig. — Etude d'un nouveau pont parallèle à l'ancien ouvrage construit il y a 27 ans. Construction métallique en treillis comportant deux travées centrales en porte-à-faux de 335,3 m de portée. Problèmes posés par l'exécution des fondations en eau profonde. — E. 38536. CDU 624.2.014.

**Foc Entretien. Réparations.**

**235-91. Essais de charge sur un bâtiment à trois étages en béton armé à Johannesburg (Load test on a three storey reinforced concrete building in Johannesburg).** OCKLESTON (A. J.); *Struct. Engr.*, G.-B. (oct. 1955), vol. 33, n° 10, p. 304-322, 29 fig., 6 réf. bibl. — Description des essais de charge effectués sur un immeuble en béton armé au cours des travaux de démolition. — E. 38405. CDU 624.044.

## II. — TRADUCTIONS

D'ARTICLES TECHNIQUES EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT  
ET DES TRAVAUX PUBLICS

*Des reproductions de ces traductions peuvent être fournies aux adhérents de l'Institut Technique.*

421. Résistance au feu et à la chaleur des matériaux et des éléments de construction (Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme). Deutschen Normenausschusses. All. norme allemande DIN 4102, 13 fig. — Définitions. Éléments de construction isolants, résistants à l'incendie, très résistant à l'incendie. Classification des matériaux de construction en matériaux combustibles, difficilement inflammables, incombustibles. Essais de produits ignifugés, essais spéciaux

d'éléments de construction. — E. 38772, 20 p.

438. Installations de chauffage central. Radiateurs en fonte. (Instalații de incalzire centrală. Radiatoare din fontă). Comiss. Normalisat. Etat roumain, Roum. (1<sup>er</sup> oct. 1951), norme românești STAS 1676-50, (Industr. métallurgique B 64), 3 fig. — Classification des éléments, dimensions. Conditions d'exécution. Réception. — E 38773 4 p.

439. **Chauffage central. Exécution.** (Incalziri centrale. Executie). Commiss. Normalisat. Etat roumain, Roum. (1<sup>er</sup> mars 1951), norme roumaine STAS 1579-50, (Constr. civ. trav. hydraul., voies communic. installat. G 83), 8 fig. — Tracé du réseau de conduites. Réalisation de l'installation : canalisations, radiateurs, chaudières. Contrôle de l'exécuton. — E. 38774. 10 p.

### III. — BIBLIOGRAPHIE

*Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Vély, Paris-XVI<sup>e</sup>.*

B-1631. **Traité de béton armé. t. III. Les fondations.** GUERRIN (A.); Edit. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (15,5 × 24 cm), ix + 315 p., nombr. fig. — Eléments de la mécanique des sols. — Différents modes de fondations : semelles de fondation; radiers généraux; puits de fondation; pieux de fondation; palplanches. — Fondations spéciales : cuvelages étanches; fondations en terrains disloqués; fondations antivibratiles, consolidation, renforcement des fondations. — E. 38272.

B-1632. **La gestion prévisionnelle et contrôlée de l'entreprise.** THIBERT (R. B.); Edit. : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (14 × 22 cm), xxi + 265 p., 31 fig. Généralités. — I. Etablissement des budgets techniques. Notions techniques et économiques indispensables à l'établissement des budgets. Élaboration des budgets « Production, Distribution » et d'approvisionnements. — II. : Matérialisation et contrôle des budgets dans l'industrie. Le contrôle budgétaire : des ventes et de la production, des approvisionnements et investissements, des charges autres que les achats, des prix; la recherche des erreurs et des fraudes. Le contrôle budgétaire de la Trésorerie. — III : Le contrôle budgétaire dans les entreprises commerciales. Particularités du contrôle budgétaire dans les entreprises commerciales. Conclusion. — E. 38271.

B-1633. **Instruments topographiques. Description. Réglage. Emploi.** OLLIVIER (F.); Edit. : Eyrolles, 61, Bld Saint-Germain, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (16 × 25 cm), 810 p., 554 fig., 1 fig. h.-t., Fr. 6 800. — Cet important ouvrage tient compte des nombreux perfectionnements réalisés depuis une trentaine d'années dans la construction des instruments topographiques. I : Notions d'ensemble. Projection topographique. Erreurs de mesures. Procédés topographiques. Généralités sur les instruments : lunette topographique, déclinaisons, verniers mécaniques et verniers optiques, microscopes de lecture. II : Planimétrie & mesure des angles (goniomètres, boussoles topographiques, goniophores. Mesure des longueurs). III : Altimétrie. Nivellement direct. Différents types de niveaux, mires de nivellement, erreurs systématiques de niveling. Réglage des niveaux. Niveaux modernes. Nivellement indirect : échimètres, clinimètres, théodolites et tachéomètres modernes. Annexe : nivellement barométrique. — E. 38346.

B-1634. **Cours élémentaire de routes.** DUBET (G.); Edit. : Eyrolles, 61, Bld Saint-Germain, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (16 × 24 cm), 200 p., nombr. fig., 2 pl. h.-t., F. 950. — Cet ouvrage décrit les connaissances fondamentales nécessaires en matière de construction de routes. Il tient compte des perfectionnements les plus récents introduits dans la technique routière et traite sans aucun appareil mathématique des questions relatives à l'identification et à la portance des sols, au compactage et à la stabilisation, à la sélection des matériaux pour la constitution de chaussées à éléments fins. Aperçu historique, caractéristiques géométriques de la chaussée : largeur de plate-forme et de chaussée, bombardement, courbes, déclivités. Gabarit des ouvrages d'art. Carac-

téristiques des matériaux routiers : matériaux d'empierrement, liants hydrocarbone. Description du petit outillage, du matériel de terrassement, du matériel de construction de la chaussée. Étude de la construction de la chaussée : terrain de fondation, sous-couche, couche supérieure, revêtement. Procédés d'entretien et de réparation de la chaussée. Ouvrages accessoires : accotements, signalisation. Notions pratiques de droit administratif routier. — E. 38048.

B-1635. **Le poste de bétonnage.** RODÉ (O.), DUCRET (A. P.); Edit. : Société de Propagation et de Diffusion des Techniques du Bâtiment, 33, av. Kléber, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (21,5 × 27,5 cm), 200 p., nombr. fig. — Ouvrage publié par l'Association Professionnelle pour l'Accroissement de la Productivité dans l'Industrie du Bâtiment (APROBA). I : Éléments du poste de bétonnage : généralités, l'homme et le facteur humain, matériaux, matériel (bétonnières, moteurs, engins secondaires). — II : Le poste de bétonnage : généralités : types de postes de bétonnage; calcul des dépenses par m<sup>3</sup> de béton (avec exemples). — III : Conclusion. — E. 38273.

B-1636. **L'hygiène et la sécurité dans l'emploi des benzols.** RAYMOND (V.), VALLAUD (A.), SALMON (P.); Edit. : Institut national de Sécurité, 9, avenue Montaigne, Paris, Fr. (1955), 1 vol. (13,5 × 21 cm), 104 p., 24 fig., 4 fig. h.-t., 23 réf. bibl., Fr. : 225. — Rappel des principales caractéristiques et applications des benzols, étude de leur mode de pénétration dans l'organisme et des différentes formes d'intoxication qu'ils peuvent provoquer, mesures de prévention médicale. Prévention technique du benzolisme, notamment par l'application de mesures de protection pour éviter la diffusion des benzols dans l'atmosphère des ateliers et assurer leur captation et leur évacuation rationnelles. — E. 38155.

B-1637. **Calcul numérique des plaques et des parois minces.** DUBAS (P.); Edit. : Leeman AG, Arbenzstrasse 20, Postfach, Zürich 34, Suisse (1955), Publ. Inst. Statique Appl., n° 27, 1 vol. (15,5 × 22,5 cm), 175 p., nombr. fig., réf. bibl. — L'ouvrage est consacré à l'étude d'une méthode numérique qui, par opposition à un certain nombre de procédés faisant appel à un appareil mathématique compliqué, n'exige que la connaissance des notions familières à tout ingénieur. Cette méthode est fondée sur les propriétés du polygone funiculaire. Après un rappel de la théorie générale des plaques minces et de celle des parois minces, exposés des divers procédés d'application de cette méthode, problème de l'application de la méthode du polygone funiculaire au calcul des plaques minces fléchies et au calcul des parois minces. Précision de la méthode du polygone funiculaire et étude de l'extension des applications de cette méthode. — E. 38157.

B-1638. **Principes du traitement des eaux usées industrielles (Principles of industrial waste treatment).** GURNHAM (C. F.); Edit. : John Wiley and Sons, Inc., 440 Fourth Avenue, New York 16, N. Y., U. S. A. (1955), 1 vol. (15 × 23,5 cm), xii + 399 p., 60 fig., nombr. réf. bibl., \$ 9.50. — L'ouvrage est consacré

au problème des eaux usées industrielles et étudie en détail les opérations et procédés utilisés pour le traitement de ces eaux avant leur déversement dans les cours d'eau ou dans les réseaux d'égouts. Description des opérations de traitement préliminaire, étude des divers procédés de traitement physique, chimique, biologique. Evacuation finale des eaux usées. Effets de la pollution entraînée par les eaux usées industrielles, aperçu des problèmes posés par le traitement des eaux usées dans les industries les plus importantes. — E. 37905.

B-1639. **Matériaux de construction. Leur fabrication et leurs propriétés (Materials of construction. Their manufacture and properties).** MILLS (A. P.), HAYWARD (H. W.), RADER (L. F.); Edit. : John Wiley and Sons, Inc., 440 Fourth Avenue, New York 16, N. Y., U. S. A. (1955), 6<sup>e</sup> édit., 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), xii + 650 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., \$ 7.50. — Cet ouvrage constitue un cours très clair et très complet sur la fabrication, les caractéristiques et les utilisations des matériaux de construction. Définition des termes les plus usuels employés dans l'étude de la résistance des matériaux. Structure et constitution des métaux. Pierres et agrégats minéraux. Caractéristiques du plâtre, de la chaux, des ciments. Étude du béton : dosage, ouvrabilité, gâchage, traitement après prise, traitements de protection. Éléments en béton. Caractéristiques physiques du béton. Produits céramiques : briques, tuiles. Bois de construction. Matières plastiques organiques. Produits lamellés et collés. Revêtements protecteurs à base de matières organiques. — E. 37326.

B-1640. **Manuel du béton (Concrete manual).** Edit. : U. S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, U. S. A. (1955), 6<sup>e</sup> édit., 1 vol. (14 × 18,5 cm), xxvi + 491 p., 209 fig., \$ 2.50. — I. Le béton et ses constituants. Caractéristiques essentielles : ouvrabilité, durabilité, étanchéité à l'eau, changement de volume, résistance, elasticité, fluage, propriétés thermiques, poids. Effets de différents facteurs sur les propriétés du ciment : entraînement d'air, dosage, composition et finesse du ciment Portland, fausse prise, emploi de pouzzolanes, qualité et granulométrie des agrégats, emploi de produits d'addition. Contrôle en chantier. — II. Recherches et sélection des matériaux entrant dans la composition du béton. Recherche des agrégats, exploration des gîtes naturels, essais des matériaux à Denver. — III. Dosages du béton : quantités d'eau, de ciment, d'agrégats. — IV. Contrôle, laboratoires, rapports d'essais. — V. Confection du béton. Caractéristiques des matériaux, installations de gâchage et de contrôle sur les grands chantiers. Contrôle de qualité, Bétonnage par temps chaud et par temps froid. — VI. Mise en œuvre, mise en place, traitement de finition et traitement après prise. Exécution des fondations, décofrage. — VII. Réparation et entretien du béton. — VIII. Types spéciaux de bétons et de mortiers. — E. 37553.

B-1641. **Manuel des travaux de terrassement (Moving the earth. — The work book of excavation).** NICHOLS (H. L. jr.); Edit. : North Castle Books, 212 Bedford Road, Greenwich,

Connecticut, U. S. A. (1955), 1 vol. (17 × 25 cm), xxxi + 1280 p., nombr. fig., \$ 15.00. — L'ouvrage constitue un cours complet sur tout ce qui a trait aux travaux de terrassement. La première partie est consacrée aux opérations de dégagement du terrain, enlèvement des souches d'arbres, levés topographiques, piquetages, étude de la nature du sol, excavations pratiquées pour la réalisation des caves. Travaux de drainage. Construction des barrages et des déversoirs. Réservoirs d'eau naturels, piscines. Notions d'architecture paysagiste et de génie agricole. Construction des routes. Abattage à la mine, percement de galeries souterraines. Mines et carrières. Etude économique sur les travaux de terrassement. La deuxième partie est consacrée à l'équipement utilisé sur les divers chantiers de terrassement : pelles, draglines, transporteurs à câbles ou à courroies, dragues, tracteurs, bulldozers, décapeuses, camions-hennes, nivelleuses, équipement de compactage, compresseurs. — E. 36909.

B-1642. Manuel technique sur le procédé de construction « Youtz-Slick » (Engineering manual. The « Youtz-Slick » method of construction). U. S. Lift Slab Corporation, 306 Perry Brooks Building, Austin, Texas, U.S.A. (1955), 1 vol. (22,5 × 29 cm), 140 p., fig., \$ 5.00. — L'ouvrage est consacré à l'étude du procédé de construction mis au point aux U. S. A. par Youtz et Slick et connu également sous le nom de procédé « Lift Slab ». Il consiste à couler directement sur une plateforme posée à même le sol des dalles en béton de grandes dimensions destinées à constituer les planchers et les couvertures. Ces dalles sont ensuite mises en place à l'aide de vérins de levage. Description de l'équipement de levage, caractéristiques des dalles. Calcul des moments pendant le montage, efforts latéraux. — E. 37419.

B-1643. Exploitation des installations de production d'énergie (Power plant management). EMERIC (R. H.); Edit. : McGraw-Hill Book Cy, McGraw-Hill House, 95 Farringdon Street, Londres EC4, G.-B. (1955), 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), xi-339 p., nombr. fig., 49 s. — Rédigé sous une forme claire, ce guide pratique donne toutes les indications utiles pour l'exploitation d'une installation de production d'énergie. Etudes préliminaires : choix du meilleur système de production d'énergie, stockage et manutention des combustibles, disposition des locaux. Installation des chaudières, problèmes de sécurité, instruction du personnel. Protection contre l'incendie, choix des combustibles, problème des fumées, installations de traitement de l'eau, entretien. — E. 37838.

B-1644. La topographie moderne, à l'usage des ingénieurs civils (Modern surveying for civil engineers). BIRCHAL (H. F.); Edit. : Chapman and Hall Ltd, 37 Essex Street, Londres W. C. 2, G.-B. (1955), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol. (14 × 22 cm), xi + 528 p., nombr. fig., 24 fig. h.-t., 14 pl. h.-t., 50 s. — Méthodes les plus récentes actuellement utilisées en matière de levés topographiques, description détaillée des appareils modernes. Rappel des notions mathématiques indispensables et de quelques principes relatifs à l'optique, au magnétisme et à l'astronomie, exposé des méthodes anciennes et modernes utilisées pour la mesure des distances des niveaux des angles. Étude de la méthode tachéométrique et la façon d'utiliser les mesures effectuées. Topographie en forêt. Relevés topographiques relatifs aux problèmes d'irrigation, aux travaux en tunnels, aux installations portuaires. Organisation du travail des topographes. Problèmes relatifs aux voies ferrées. Photographie aérienne et application à la topographie. — E. 36818.

B-1645. Connaissez votre maison (Know your house). AMBROSE (E.); Edit. : Thames

and Hudson Ltd, 244 High Holborn, Londres W. C. 1, G.-B. (1954), 1 vol. (14 × 21,5 cm), 264 p., fig., 10 fig. h.-t., 15/- net. — L'ouvrage constitue un exposé essentiellement pratique où l'auteur s'est efforcé d'expliquer de façon claire et instructive les divers problèmes relatifs à la construction et à l'entretien des maisons d'habitation. Après un bref aperçu sur le rôle de l'architecte, l'établissement des plans et le calcul du prix de revient, de la construction, l'auteur aborde les questions techniques : fondations, murs, couverture, planchers et revêtements de plancher, choix des fenêtres, isolation, ventilation. Il étudie ensuite les installations sanitaires, le chauffage, les services d'eau chaude, les canalisations électriques. Avaries dues à l'humidité, à la condensation, étude du coincement des portes et ses causes. — E. 36986.

B-1646. Comptes rendus de la Première conférence Australie-Nouvelle-Zélande sur la mécanique des sols et la technique des fondations tenue à l'Université de Melbourne (Proceedings of the first Australia-New Zealand conference on soil mechanics and foundations engineering held at the University of Melbourne). Engineering Library, University of Melbourne, Australia (juin 1952), 1 vol. (14 × 22 cm), xii + 248 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., 1 pl. h.-t. — L'ouvrage donne le texte de différents exposés relatifs au mouvement de l'eau dans les sols non saturés, la relation entre l'état physique du sol et la résistance au cisaillement, la loi fondamentale de la résistance au cisaillement, l'essai de compression triaxiale des sols, les procédés de détermination de l'indice portant californien de sols non saturés, les résultats d'essais enregistrés sur un revêtement souple d'une piste de l'aéroport d'Adelaide, le calcul des fondations. — E. 37690.

B-1647. Problèmes de la théorie de la plasticité (Probleme der Plastizitätstheorie). PRAGER (W.); Edit. : Birkhäuser AG, Elisabethenstrasse, 15, Bâle, Suisse (1955), 1 vol. (17 × 24,5 cm), 100 p., 52 fig., réf. bibl. (résumé anglais), FrS. 12.50. — Cet ouvrage reproduit le texte d'une série de conférences que l'auteur a faites en novembre et décembre 1954 à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich. I. Comportement mécanique de matières plastiques. Modèles dynamiques et cinématiques, poutres en I soumises à un effort longitudinal et à un moment de flexion. Particularités du comportement plastique. Tube à parois minces soumis à des efforts de traction et de torsion. Potentiel plastique. — II. Comportement mécanique d'éléments porteurs plastiques. Représentation géométrique des contraintes dans un treillis statiquement indéterminé. Portance, capacité d'adaptation. — III. Procédé de la charge critique. Contraintes et vitesses de déformation, principe des vitesses virtuelles. Théorèmes fondamentaux du procédé de la charge critique. Différentes définitions de la charge critique. Portiques, force portante de plaques. Conditions d'écoulement et loi d'écoulement pour voiles minces cylindriques. Force portante des voiles minces cylindriques. — IV. Déformations plastiques finies. Théorie de l'écoulement plastique plan. Relation géométrique entre le plan physique et le plan des contraintes. Exemples d'application. — E. 37815.

B-1648. Tables pour le dimensionnement d'éléments en béton armé de section rectangulaire avec armatures en acier Tor (Tabellen zur Bemessung von Eisenbeton-Rechteckquerschnitten mit Torstahl-Armierung). Edit. : Aktiengesellschaft der von Moos'schen Eisenwerke, Lucerne, Suisse (juin 1955), 1 vol. (22,5 × 31 cm), 36 p., nombr. fig. — Tables et diagrammes pour le dimensionnement des éléments en béton armé de section rectangulaire avec armatures en acier Tor. Détermi-

nation des contraintes admissibles pour l'acier Tor 40 avec béton à haute résistance et pour l'acier Tor 60 avec bétons spéciaux, calcul des éléments à la flexion. — E. 37381.

B-1649. Notions fondamentales sur l'économie de l'eau et sur l'hydrologie (Grundlagen der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde). STRECK (O.); Edit. : Springer-Verlag, Reichpietschufer 20, Berlin 35, All. (1953), 1 vol. (16 × 24 cm), x + 466 p., 351 fig., réf. bibl. — L'approvisionnement en eau et les besoins croissants par suite du développement de l'industrie. Éléments atmosphériques et météorologiques. Précipitations, fréquence des pluies, infiltrations de l'eau dans le sol, écoulement de l'eau, relations entre les pluies, l'écoulement des eaux et l'évaporation. Caractéristiques générales des eaux de surface. Formation des vallées et cours des rivières. Mesure du débit des rivières. Travail et rendement d'une centrale au fil de l'eau. Crues. Formation de glace dans les eaux. Service de prévision des crues. Débit solide des rivières. Eaux souterraines : origine, mouvements. Captage des eaux souterraines. Les mers et les côtes. Caractéristiques de l'eau de mer, vents, houle, marées. Hydrologie qualitative et biologique : propriétés physiques et chimiques de l'eau, plancton, bactéries. — E. 37868.

B-1650. Ouvrages en bois. Prescriptions réglementaires et commentaires (Holzbauwerke. Vorschriften und Erläuterungen). WEDLER (B.); Edit. : Wilhelm Ernst und Sohn, Hohenholzerndamm 169, Berlin-Wilmersdorf, All. (1955), 1 vol. (15 × 21 cm), 87 p., 88 fig., réf. bibl. — La brochure reproduit le texte, accompagné de commentaires et explications, des règles et normes allemandes en vigueur. Calcul et réalisation des ouvrages en bois selon la norme allemande DIN 1052. Calcul et réalisation des ponts en bois selon la norme DIN 1074. Conditions à remplir par les bois de construction, classification en trois catégories, Norme DIN 4074. Caractéristiques des planchers sur poutres en bois reposant sur deux appuis et sur poutres continues reposant sur trois appuis, Norme DIN 104. — E. 37094.

B-1651. L'acier dans la construction (Gestalte der Stahl). Edit. : Stahlbau-Verlags GmbH, Ebertplatz 1, Cologne, All. (1955), Veröffentlichungen des Deutschen Stahlbau-Verbandes no 7, 1 vol. (17,5 × 24 cm), 99 p., nombr. fig., DM 10.50. — Séries de conférences faites le 2 novembre 1954 sous le patronage de la Fédération allemande de la Construction métallique. Sujets traités : Exploitation des conférences antérieures sur l'acier dans la construction. Caractère et effet de l'acier dans l'étude d'architecture. Poutres triangulaires en tubes d'acier précontraintes. La nouvelle halle municipale de Fribourg-en-Brisgau. Essais de supports tubulaires remplis de béton. Étude et exécution dans la construction des bâtiments industriels. L'architecture et la conception des fenêtres métalliques. — E. 36987.

B-1652. Le béton (Der Beton). SCHULZE (W. W. R.); Edit. : Fachbuchverlag GmbH, Karl-Heine-Strasse 16, Leipzig W31, All. (1954), 1 vol. (17 × 23,5 cm), 204 p., 193 fig., réf. bibl. — Dans cet ouvrage où l'auteur s'est volontairement abstenu de toute considération théorique, les ingénieurs et chefs de chantier trouveront exposées de façon claire et concise toutes les connaissances techniques nécessaires sur le béton lourd et le béton léger. Après une description des matières premières utilisées, avec leurs caractéristiques, étude des différents types de coffrages en bois et en acier ; opérations de mise en œuvre du béton : malaxage, compactage, vibration, traitement après prise. Caractéristiques de résistance du béton, ses déformations et ses autres propriétés en tant que matériau isolant. Les diverses influences s'exerçant sur le béton :

bétonnage par temps froid, attaques auxquelles sont soumis les éléments en béton dans les sols de fondations et mesures de protection à adopter. Le béton léger et le béton armé avec petits éléments en verre enrobés dans le béton. En annexe : dispositions relatives à la sécurité du travail, nomenclature de normes. — E. 37928.

**B-1653. Les réseaux d'égouts. II. L'épuration des eaux usées (Kanalisation. II. Die Abwasserreinigung).** DEMIDOW (L. G.), SCHIGORIN (G. G.); Edit. : Fachbuchverlag GmbH, Karl-Heine-Strasse 16, Leipzig W31, All. (1955), 1 vol. (16,5 × 23,5 cm), 332 p., 201 fig., 9 fig. h.-t., 64 réf. bibl. — (Le présent ouvrage est la traduction allemande de la deuxième partie du cours destiné aux élèves des grandes écoles en Union Soviétique.) — Caractéristiques des eaux usées, pollution des rivières, auto-épuration des eaux de rivière, influence de la température sur le processus de l'auto-épuration, l'auto-épuration bactériologique. Classification des divers procédés mécaniques, chimiques et biologiques d'épuration des eaux usées. Traitement des boues. Caractéristiques des installations de décantation. Epuration des eaux industrielles. Etude des installations sanitaires dans les bâtiments isolés, caractéristiques de construction des fosses septiques. Etablissement des projets de construction de réseaux d'égouts, prix de revient. Evolution et perspectives d'avenir en Union Soviétique. — E. 37927.

**B-1654. Le bois, matière première (Das Holz als Rohstoff).** TRENDLEBEN (R.), MAYER-WEGERLIN (H.); Edit. : Carl Hanser, Leonhard-Eck-Strasse 7, Munich 27, All. (1955), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol. (17 × 24 cm), XV + 544 p., 241 fig., nombr. réf. bibl., 38,50 DM. — La nouvelle édition de cet ouvrage expose les résultats des plus récentes recherches biologiques sur le bois et constitue un exposé complet sur l'origine du bois et sa structure. Le bois y est surtout considéré comme partie intégrante de l'arbre vivant. Etude de la forêt considérée comme source de matière première. La production de bois. Notions d'exploitation forestière. Importance de la consommation du bois, domaine d'utilisation du bois dans l'industrie. Etude du bois considéré comme un tissu cellulaire végétal. Éléments constitutifs du bois, différenciation des différentes essences. Le bois en tant que corps poreux. Le cœur et l'aubier. Variation de l'humidité dans l'arbre. Modification dans l'arbre et le bois après l'abattage. La densité du bois, variation de la densité à l'intérieur du tronc. Le cercle annuel du bois, largeur des cercles, structure du bois dans le cercle. Etude de la structure du tronc : forme du fût, branches. L'écorce. — E. 37531.

**B-1655. La xyloïthe (Steinholz).** HEIMBERGER (W.); Edit. : Bauverlag GmbH, Kleine Wilhelmstrasse 7, Wiesbaden-Berlin, All. (juin 1955), 1 vol. (12 × 17 cm), 76 p., DM 4,50. — Contribution à la solution du problème des revêtements de sols. Renseignements

d'ordre pratique pour l'exécution des revêtements de sols en xyloïthe. Matières premières utilisées. La prise. Exigences à remplir par les sous-planchers. Exécution des revêtements en xyloïthe. Causes et prévention des défauts. Fissurations. Influence de l'humidité de la construction. Taches et efflorescences. Le revêtement flottant en xyloïthe. Conductibilité électrique. Entretien. — E. 38117.

**B-1656. Comment exécuter un enduit de bonne qualité (So macht man guten Putz).** PIEPENBURG (W.); Edit. : Bauverlag GmbH, Kleine Wilhelmstrasse 7, Wiesbaden-Berlin, All. (mars 1955), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol. (12 × 17 cm), XII + 206 p., 130 fig., DM 6,50. — Ce petit manuel donne toutes les indications pratiques utiles pour l'exécution des enduits. Définition de l'enduit, caractéristiques de la chaux hydraulique, qualités exigées selon la norme allemande DIN 1060. Mise en œuvre de la chaux hydraulique sur le chantier. Caractéristiques des ciments et des plâtres. Qualités exigées du sable utilisé pour la confection du mortier. Emploi des produits d'addition, dosage. Exécution des enduits. Règles à observer du point de vue de l'application de l'enduit, de l'épaisseur des couches. Influence du gel. Conseils pour l'exécution des enduits extérieurs et intérieurs. — E. 37324.

**B-1657. Chauffage électrique des locaux (Elektro-Raumheizung).** SCHULZ (W.); Kurhessenstrasse 162, Frankfurt/M-Ginnheim D, All. (1953), 2<sup>e</sup> édit., 1 vol. (15 × 21 cm), 159 p., 240 fig., réf. bibl., DM 7,60. — La brochure donne un exposé clair et pratique sur les nombreuses possibilités de l'utilisation de l'énergie électrique pour le chauffage des locaux. Domaines d'application et considérations de prix de revient. Aperçu sur l'évolution historique du chauffage électrique. Description des éléments chauffants, mode de calcul. Appareils de manœuvre et de réglage. Mesure des températures et réglage automatique. Description des divers types de radiateurs électriques. Chauffage par le plancher, par les murs et par le plafond. Chauffage d'appoint. Caractéristiques de la pompe de chaleur. Le chauffage des locaux de grandes dimensions, et notamment des églises. — E. 37058.

**B-1658. Agenda « Elsner » 1955 pour la construction des routes (Elsner Taschen-Jahrbuch für den Straßenbau 1955).** Édit. : Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Schöfferstrasse 15, Darmstadt, All. (1955), 1 vol. (12 × 17 cm), 512 p., 218 fig., DM 8. — Aperçu général : historique, constructions effectuées en 1954. Programme 1954-55. Renseignements statistiques concernant les routes en Allemagne et dans les autres pays d'Europe. Administration et financement des routes en Allemagne. Trafic routier. Classification des véhicules en Allemagne. Statistiques de la circulation. Etudes et programmes, comptages,

débit des routes. Directives techniques. Ramper. Courbes. Sous-sol et reconnaissance du sol : Classification des sols. Charge admissible des sols de fondation selon la norme DIN 1054. Méthodes d'essai. Drainage. Consolidation des terrains. Matériaux utilisés pour la construction et méthodes de contrôle. Caractéristiques des divers types de revêtements. Entretien du réseau routier. Equipment mécanique des chantiers de construction des routes. Éléments pour le calcul du prix de revient. Recherche dans les instituts techniques et les laboratoires. Organisation de l'industrie de la construction des routes en Allemagne. Bibliographie des normes et directives. — E. 36549.

**B-1659. Progrès réalisés dans la construction des maisons d'habitation à loyer modéré (Il progresso nella costruzione della casa economica).** VINACCIA (G.); Edit. : Vitali e Ghianda, Via alla Chiesa della Maddalena 9, Gênes, Ital. (1955), 1 vol. (22 × 31 cm), 104 p., 116 fig., réf. bibl., L 2000. — L'ouvrage est consacré à l'étude et à la réalisation de maisons individuelles. Etude du projet. Éléments de base pour la détermination du type de maison. Hauteur maximum des différents locaux. Protection contre les influences atmosphériques, contre l'humidité du sol. Isolation thermique, orientation et ensoleillement. Installations sanitaires, fenêtres et portes. Etude comparative de projets de maisons à loyer modéré. Préfabrication, réalisation des planchers et des couvertures. Plans de différents types de maisons. — E. 37680.

**B-1660. Calcul rapide des aires des profils en travers des routes (Calcolo rapido delle aree delle sezioni stradali).** TESORIERE (G.); Edit. : Vitali e Ghianda, Via alla Chiesa della Maddalena, 9, Gênes, Ital. (mai 1955), 1 vol. (19 × 28 cm), 74 p., 37 fig., 11 réf. bibl. L 1700. — Le présent ouvrage est consacré au problème de la détermination des aires des profils en travers dans l'établissement des projets de routes et comporte de nombreux nomogrammes destinés à faciliter le calcul. Notions fondamentales sur les études préliminaires. Calcul des aires des profils en travers. Erreurs dans l'appréciation des volumes. Applications de la nomographie. Etude d'un projet de route avec l'emploi d'abacuses. Emploi de tables. — E. 37681.

**B-1661. Les centrales hydroélectriques norvégiennes (Norske Kraftverker).** Edit. : Teknisk Ukeblads Forlag, Kronprinsensgate 17, Oslo 9, Norvège (1954), 1 vol. (22 × 30,5 cm) 440 p., nombr. fig. — Cet important ouvrage est consacré à l'étude des possibilités norvégiennes en matière d'aménagements hydroélectriques, et à la description des installations existantes. Carte des centrales et lignes de transport de force existantes et projetées. Détails sur chacune des centrales norvégiennes et leur réseau de distribution : conduites, turbines, salles de machines, barrages. — E. 36946.

## RECTIFICATIF

Documentation Technique, n° 88 d'octobre 1955, page 1131, B-1562, 10<sup>e</sup> ligne, lire Belgique au lieu de Pays-Bas.

(Reproduction interdite.)



INGÉNIEURS  
ITBTP ARCHITECTES  
ENTREPRENEURS



POUR VOUS TENIR  
AU COURANT  
DES PROGRÈS  
RÉALISÉS DANS  
LA TECHNIQUE  
DE LA  
CONSTRUCTION

LISEZ  
LES  
**ANNALES**  
DE  
L'INSTITUT TECHNIQUE  
DU BATIMENT ET  
DES TRAVAUX PUBLICS



Vous consaciez un budget important à votre documentation, mais elle ne peut être complète.  
Nous lisons pour vous dans toutes les langues, un coup d'œil sur les rubriques de notre

### **DOCUMENTATION TECHNIQUE**

et vous saurez tout ce qui a paru concernant votre spécialité chez tous les éditeurs et dans 200 revues de tous pays.  
Des analyses courtes, claires, objectives, vous signaleront la littérature qui vous est utile



vous voulez être renseigné sur une technique qui ne vous est pas familière.  
Écrivez à notre

### **SERVICE DE DOCUMENTATION**

Il vous fournira rapidement les références et les documents qui vous manquent.  
Il établira aux meilleures conditions la traduction correcte du document étranger qui vous intéresse.

## ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (VII)

Déjà paru dans la même série au 31 décembre 1955 :

N° 1. — C. HERODY, Bistre, suie et calcin : de leur production, de leurs inconvénients et des moyens pour les éviter et en réparer les dégâts.

N° 2. — R. GOENAGA, Conditionnement de l'air, ses applications dans l'habitat et dans l'industrie.

N° 3. — R. FISCH, Le chauffage urbain et ses perspectives (épuisé).

N° 4. — H. CHARLENT, Influence de la normalisation et de la préfabrication sur la technique des installations sanitaires. L'emploi de la préfabrication sur les chantiers de reconstruction.

N° 5. — A. DESPLANCHES, Les chambres d'essais climatiques.

N° 6. — P. BRESSOT, Commentaires sur le dernier ouvrage concernant les techniques de l'étanchéité multicouche et problèmes de laboratoire qu'il soulève.

N° 7. — P. DUSSERIS, Le chauffage des usines. — E.-G. LEAU, Une richesse inexploitée : l'air du sol. — M. FICHARD, Choix d'un système de chauffage dans les immeubles collectifs. — J. RIMBAUD, Problèmes posés par l'exploitation des installations de chauffage dans les immeubles anciens. R. FISCH, Le chauffage urbain dans les pays autres que la France.

N° 8. — R. COMTET, Les méthodes modernes pour l'établissement des canalisations électriques collectives.

N° 9. — L. BERGER et R. SEMAILLE, Réalisations modernes d'installations sanitaires.

N° 10. — A. POIRSON, L'expérience au service de l'étanchéité. Le cuvelage.

N° 11. — R. CADIERGUES, Les coefficients de rayonnement des matériaux.

N° 12. — Y. BOISDON, A. MASSIN, Les installations de laboratoires.

N° 13. — R. COMTET, Contribution à la sécurité dans l'emploi des courants électriques à l'intérieur des immeubles.

N° 14. — A. DESPLANCHES, De l'introduction de l'air dans les locaux conditionnés. Visites d'installations de chauffage et de conditionnement d'air.

N° 15. — R. CADIERGUES, Le thermomètre à température résultante.

N° 16. — A. BLANC, Les recherches thermiques aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

N° 17. — Thomas BEDFORD, W. LIESE, F. SQUASSI et Cyril TASKER, État de la recherche en chauffage et ventilation dans quelques pays étrangers.

N° 18. — A. FOURNOL, Quelques aspects économiques et techniques actuels des questions posées par l'établissement et l'exploitation des chauffages centraux.

N° 19. — R. BILLARDON, Le chauffage thermodynamique.

N° 20. — R. DUPUY, Choix du type et des caractéristiques générales de l'installation de chauffage le mieux adapté au climat et au programme, suivant la constitution du bâtiment.

N° 21. — P. MARILLIER, Chauffage à eau surchauffée sous pression.

N° 22. — R. CADIERGUES, La protection contre le gel en chauffage à eau chaude et le dégivrage thermique.

N° 23. — G.-E. VARLAN, Discussion de cas concrets d'étanchéité en toitures-terrasses.

N° 24. — R. CADIERGUES, B. MOREL et M. DAUDIN, Méthode pratique du calcul des puissances en chauffage discontinu.

N° 25. — R. CADIERGUES et J. GENEVAY, La conductibilité thermique des matériaux.

N° 26. — H. MARCQ, Evolution des recherches et des techniques en Belgique depuis 1940.

N° 27. — J. MORISSEAU, Normalisation de la robinetterie utilisée dans le bâtiment. — J. SCHICK, Tuyaux en plastique utilisés dans le bâtiment.

N° 28. — T.-N. ADLAM, A. KOLLMAR, A. GINI, R. CADIERGUES, Le chauffage par rayonnement. Techniques américaine, allemande, italienne et française.

N° 29. — R. BILLARDON, Machines frigorifiques modernes. — Visite de l'installation de chauffage, de conditionnement d'air et de la machine frigorifique de la Banque de France. — H. FICHARD, Répartition des charges de construction et d'entretien dans les installations de chauffage. — R. FISCH, Répartition des charges de chauffage et comptage des calories.

N° 30. — A. FOURNOL, Quelques travaux récents du C. S. T. B. en matière d'équipement de chauffage dans les habitations. R. CADIERGUES, Etudes et recherches 1951 du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation. Les dispositifs de sûreté hydrauliques en chauffage à vapeur basse-pression. — Ch. FISCHER, P. LÉVÈQUE, Mesure de la ventilation par traceurs radioactifs. — A. BLANC, Les recherches thermiques aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

N° 31. — R. DUPUY, Régulation automatique des petites installations de chauffage central avec chaudières au charbon. — V. BROIDA, Précision en régulation automatique. — A. MARMILLAT, P. TOUZARD et J. RAUSSOU, Visite de l'installation de conditionnement d'air de la Bibliothèque Nationale.

N° 32. — R. COMTET, Nouvelles perspectives dans l'installation électrique des bâtiments.

N° 33. — A. BLANC, J.-C. MARÉCHAL, Essais et recherches sur les ardoises.

N° 34. — A. POIRSON, La toiture en pente.

N° 35. — D. THIN, Pompe et accélérateurs.

N° 36. — J. RYDBERG, A. WATZINGER, S.-P. JACOBSEN, J. KAMM, Evolution des recherches et des techniques en Suède, en Norvège, au Danemark et en Suisse, depuis 1940.

N° 37. — R. CADIERGUES, La perméabilité des bâtiments à l'air, aux gaz et aux vapeurs.

N° 38. — Ch. BARRAULT, Enseignement français du chauffage et du conditionnement de l'air. R. CADIERGUES, Documentation française et internationale en chauffage, ventilation et conditionnement de l'air.

N° 39. — J. DOURGNON, Introduction générale aux études d'éclairage naturel. — R. G. HOPKINSON, G. PLEIGEL, W. ARNDT, Études anglaise, suédoise et allemande d'éclairage naturel.

N° 40. — R. GIBLIN, Choix des combustibles et sources d'énergie. — P. FORTAIN, Choix de la qualité du combustible liquide pour le chauffage des locaux. — J. HARLÉ, Les gaz liquéfiés de pétrole. — M. PINET, Evolution du chauffage domestique au charbon en France.

N° 41. — R. RABET, Chaudières automatiques modernes de chauffage central aux combustibles solides. — H. MAUBOUCHÉ, Nouveaux générateurs à grand taux d'échange et à faible volume.

N° 42. — A. FOURNOL, Quelques recherches du C. S. T. B. Comptage de la chaleur. Intermittence du chauffage collectif.

— B. TUNZINI, Études sur la productivité. — R. CADIERGUES et D. THIN, Études et recherches 1952 du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage et de la Ventilation. — G. DAWANCE, Compte rendu de visite de quelques laboratoires d'essais américains.

— A. PASCAL, La mesure de la conductibilité thermique à travers le monde. — J.-C. MARÉCHAL, Chauffage par le sol. Températures superficielles limites. — R. GOENAGA, Recherches, études et normalisation réalisées par le Syndicat des Constructeurs et Constructeurs-Installateurs. — Y. MARCON, E. RELLIER, J. ARTIGUE, A. DESPLANCHES, R. de SAINT-MARTIN et B. TUNZINI, Visites d'installations de chauffage et de conditionnement d'air au Centre Technique Forestier Tropical de Nogent-sur-Marne et à l'Aéroport du Bourget.

N° 43. — R. CADIERGUES, Le calcul et le choix des coefficients K de transmission de chaleur des parois de construction.

N° 44. — A. DELACOMMUNE et R. BRULÉ, Plomberies préfabriquées.

N° 45. — R. COMTET, Le choix du matériel dans les installations électriques.

N° 46. — R. COMTET, La part de l'installation électrique dans l'effort de production du bâtiment.

N° 47. — D. THIN, Les aspirateurs statiques.

N° 48. — A. MEUNIER, Le calfeutrement des joints de dilatation et de contraction dans le bâtiment et les travaux publics.

N° 49. — R. CADIERGUES, Exposé général et réalisations françaises. — A. DE GRAVE, Réalisations belges. — F. ROEDLER, Réalisations allemandes. — J. B. DICK, Recherches sur le chauffage domestique et la ventilation en Angleterre. — P. DU VIVIER DE STREL, Réduction du prix de revient du chauffage central par une conduite judicieuse de l'installation. — H. KLOIBER, Développement des chauffages urbains en Autriche. — K. BORMANN, Développement du chauffage urbain en Allemagne. — P. JANSEN, Notes sur de nouvelles installations de chauffage à distance en Suisse. — SALMON-LEGAGNEUR, Récents développements du chauffage urbain de Paris. — C. ZINIKER, Contributions des installateurs au développement des chauffages urbains. — R. FISCH, Résultats d'expériences de chauffages urbains français les plus récents. — Visite à Montesson d'une usine de préfabrication de grands panneaux en béton munis d'un dispositif de chauffage par rayonnement. — Visite de l'exposition des compteurs de chaleur. — Visite d'une installation de chauffage à air chaud. — A. FOURNOL, Études thermiques du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. — J. ESCHER-DESIRIVIERE, Recherche expérimentale sur la protection d'un bâtiment vitré contre la chaleur solaire par un brise-soleil. — A. PASCAL, Étude expérimentale sur les températures maxima du fluide chauffant dans les panneaux à tubes eurobés. — J. C. MARÉCHAL, Températures limites à respecter dans le chauffage par le plafond et dans le chauffage par le sol.

# INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

## CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SESSION 1955-1956

### Seconde série de conférences

MARDI 17 JANVIER 1956, à 17 h 30, 7, rue La Pérouse

Séance organisée en commun avec  
l'Association Française des Ponts et Charpentes.

INFLUENCE DES HYPOTHÈSES ET MÉTHODES  
DANS LES CALCULS DE BÉTON ARMÉ  
ET DE PRÉCONTRAINTE

par M. J. BARETS,  
Ingénieur-Conseil,  
Directeur de la Société d'Étude B. T. B.

MARDI 24 JANVIER 1956, à 17 h 30, 7, rue La Pérouse

FABRICATION INDUSTRIELLE  
DE HUIT LOGEMENTS PAR JOUR  
DANS LA RÉGION PARISIENNE

par M. Raymond CAMUS, Ingénieur des Arts et Manufactures.

MARDI 31 JANVIER 1956, à 17 h 30, 7, rue La Pérouse

Sous la présidence de M. PERCHET,  
Directeur Général de l'Architecture  
au Ministère de l'Éducation Nationale

PROCÉDÉS EMPLOYÉS ACTUELLEMENT EN FRANCE  
POUR LA CONSOLIDATION DES MONUMENTS ANCIENS

par M. J. P. PAQUET,  
Architecte en Chef des Bâtiments Civils et Palais Nationaux  
et des Monuments Historiques.

MARDI 7 FÉVRIER 1956, à 17 h 30, 7, rue La Pérouse

Sous la présidence de M. DELATTRE,  
Directeur Général de la Compagnie Nationale du Rhône

LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL  
DE LA CHUTE DE MONTELIMAR SUR LE RHÔNE  
par M. Jacques BOUVET, Directeur de la S. A. C. T. A. R. D.

### L'INFORMATION TECHNIQUE CINÉMATOGRAPHIQUE

MERCREDI 8 FÉVRIER, à 18 h précises

Programme :

BREVET DE LONGUE VIE  
ESSAIS NON DESTRUCTIFS DU BÉTON  
LE TROISIÈME FLEUVE (Pipe line Irak Méditerranée)  
LE BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE-MONDAGON

La carte spéciale d'inscription sera demandée à l'entrée.

MARDI 14 FÉVRIER 1956, à 17 h 30, 7, rue La Pérouse

Séance organisée en commun avec  
l'Association Française des Ponts et Charpentes.

QUELQUES APPLICATIONS DE LA PRÉCONTRAINTE  
EN AFRIQUE DU NORD

Bougie, Maison-Blanche, Constantine, Orléansville,  
par M. Charles MALLET, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

### VIENT DE PARAITRE :

Édité par la Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches  
sur les Matériaux et les Constructions.

### COLLOQUE INTERNATIONAL SUR L'ESSAI NON DESTRUCTIF DES MATÉRIAUX ET DES CONSTRUCTIONS

L'ouvrage donne le texte intégral des 41 mémoires présentés au colloque. Ils peuvent se classer  
en trois principales sections :

- Point A. — Méthodes vibratoires (soniques)
- Point B. — Méthodes de dureté et d'empreinte
- Point C. — Méthodes basées sur l'absorption ou la diffusion  
des rayons  $\gamma$  ou des neutrons.

Une bibliographie sur les essais non destructifs du béton est donnée à la fin de l'ouvrage.

Ce compte rendu complet en deux tomes 21 × 27 existe en français et en anglais.

Prix de chaque volume : 2000 F.

S'adresser au Secrétariat général de la R.I.L.E.M. : 12, rue Brancion — PARIS (XVe)